NORMA BRASILEIRA

ABNT NBR 16401-1

Primeira edição
04.08.2008

Válida a partir de
04.09.2008

Instalações de ar-condicionado — Sistemas centrais e unitários Parte 1: Projetos das instalações

Central and unitary air conditioning systems
Part 1: Design of installations

Palavras-chave: Ar-condicionado. Sistema central. Sistema unitário. Projeto.
Descriptors: Air conditioning. Central system. Unitary system. Design.

ICS 91.140.30

ISBN 978-85-07-00889-7

Número de referência
ABNT NBR 16401-1:2008
60 páginas

Sumário

Página

Prefácio

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o Foro Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB), dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS) e das Comissões de Estudo Especiais (ABNT/CEE), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte: produtores, consumidores e neutros (universidade, laboratório e outros).

Os Documentos Técnicos ABNT são elaborados conforme as regras das Diretivas ABNT, Parte 2.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) chama atenção para a possibilidade de que alguns dos elementos deste documento podem ser objeto de direito de patente. A ABNT não deve ser considerada responsável pela identificação de quaisquer direitos de patentes.

A ABNT NBR 16401-1 foi elaborada no Comitê Brasileiro de Refrigeração (ABNT/CB-55), pela Comissão de Estudo de Instalações de ar condicionado (CE-55.002.03). O Projeto circulou em Consulta Nacional conforme Edital nº 03, de 21.02.2008 a 22.04.2008, com o número de Projeto 55.002.03-001/1.

Esta Norma cancela e substitui a ABNT NBR 6401:1980.

A ABNT NBR 16401, sob o título geral "Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários", tem previsão de conter as seguintes partes:

— Parte 1: Projeto das instalações;

— Parte 2: Parâmetros de conforto térmico;

— Parte 3: Qualidade do ar interior.

O Escopo desta Norma Brasileira em inglês é o seguinte:

Scope

This part of ABNT NBR 16401 establishes the basic conditions and minimum requirements for the design of central and unitary air conditioning systems.

This part of ABNT NBR 16401 is applicable to specialized air conditioning systems (clean rooms, laboratories, surgical suites, industrial processes and other), only as far as it does not conflict with specific standards pertaining to these systems.

This part of ABNT NBR 16401 is not applicable to small isolated unitary systems for comfort application, where the sum of the nominal capacities of the units which constitute the system is less than 10 kW.

This part of ABNT NBR 16401 is not applicable retroactively. It is applicable to new systems and to the retrofit of existing systems, or of parts of existing systems.

Instalações de ar-condicionado — Sistemas centrais e unitários
Parte 1: Projetos das instalações

1 Escopo

1.1 Esta Parte da ABNT NBR 16401 estabelece os parâmetros básicos e os requisitos mínimos de projeto para sistemas de ar-condicionado centrais e unitários.

1.2 Esta Parte da ABNT NBR 16401 se aplica a instalações de ar-condicionado especiais que são regidas por normas específicas (salas limpas, laboratórios, centros cirúrgicos, processos industriais e outras) apenas nos dispositivos que não conflitem com a norma específica.

1.3 Esta Parte da ABNT NBR 16401 não se aplica a pequenos sistemas unitários isolados, para conforto, em que a soma das capacidades nominais das unidades que compõem o sistema é inferior a 10 kW.

1.4 Esta Parte da ABNT NBR 16401 não tem efeito retroativo. Aplica-se a sistemas novos e a instalações ou parte de instalações existentes objetos de reformas.

2 Referencias normativas

Os documentos relacionados a seguir são indispensáveis à aplicação deste Documento. Para referências datadas, aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes do referido documento (incluindo emendas).

Resolução CONAMA Nº 001 de 08/03/90, *Controle de ruídos no meio ambiente*.

Ministério do Trabalho e Emprego, *Norma regulamentadora NR-15 - Atividades e operações insalubres.*

Ministério do Trabalho e Emprego, *Norma regulamentadora NR-17 – Ergonomia.*

ABNT NBR 5410:2004, *Instalações elétricas de baixa tensão.*

ABNT NBR 7008:2003, *Chapas e bobinas de aço revestidas com zinco ou com liga zinco-ferro pelo processo contínuo de imersão a quente.*

ABNT NBR 9442:1986, *Materiais de construção – Determinação do índice de propagação superficial de chama pelo método de painel radiante.*

ABNT NBR 10151, Acústica – *Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade* – Procedimento

ABNT NBR 10152, *Níveis de ruído para conforto acústico.*

ABNT NBR 13531:1995, *Elaboração de projetos de edificações – Atividades técnicas*

ABNT NBR 14039:2005, *Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV*

ABNT NBR 14518:2000, *Sistemas de ventilação para cozinhas profissionais*

ABNT NBR 15220-2, *Desempenho térmico de edificações – Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações*

ABNT NBR 16401-2, *Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários – Parte 2: Parâmetros de conforto térmico*

ABNT NBR 16401-3, *Instalações de ar-condicionado - Sistemas centrais e unitários – Parte 3: Qualidade do Ar Interior*

ANSI/ASHRAE Standard 111 – 1988, *Practice for measurement, testing, adjusting and balancing of building hearing, ventilating, air conditioning and refrigeration systems.*

ARI 550/590, *Performance rating of water chilling packages using the vapor compressor cycle.*

ASTM E 662-06, *Standard test method for specific optical density of smoke generated by solid materials.*

DIN 4102-6:1977, *Fire behavior of materials and building components –Ventilation ducts, definitions, requirements and tests.*

EN 13180:2002, *Ventilation for buildings – Ductwork – Dimensions and mechanical requirements for flexible ducts.*

SMACNA – 1985, *Air duct leakage test manual.*

SMACNA – 2003, *Fibrous glass construction standards.*

SMACNA – 2002, *Fire, smoke and radiation dampers installation guide for HVAC systems.*

SMACNA – 2005, *HVAC Duct construction standards – Metal and flexible.*

SMACNA – 2002, *HVAC systems – Testing, adjusting and balancing.*

UNE 92106:1989, *Insulation materials – Elastomeric foams –General characteristics.*

UL 555-1999, *Standard for fire dampers.*

UL 555S-1999, *Standard for smoke dampers.*

3 Termos e definições

Para os efeitos desta Parte da ABNT NBR 16401, aplicam-se os seguintes termos e definições.

3.1
condicionamento de ar
processo que objetiva controlar simultaneamente a temperatura, a umidade, a movimentação, a renovação e a qualidade do ar de um ambiente. Em certas aplicações controla também o nível de pressão interna do ambiente em relação aos ambientes vizinhos

3.2
sistema de ar-condicionado central

3.2.1
central de água gelada
sistema central em que uma ou mais unidades de tratamento de ar, cada uma operada e controlada independentemente das demais, são supridas com água gelada (ou outro fluido térmico) produzida numa central frigorígena constituída por um ou mais grupos resfriadores de água e distribuída por bombas, em circuito fechado

3.2.2
central *multi-split* VRV (vazão de refrigerante variável)
sistema central em que um conjunto de unidades de tratamento de ar de expansão direta, geralmente instaladas dentro do ambiente a que servem (designadas unidades internas), cada uma operada e controlada independentemente das demais, é suprido em fluido refrigerante líquido em vazão variável (VRV) por uma unidade condensadora central, instalada externamente (designada unidade externa)

3.3
sistema de ar-condicionado unitário
sistema constituído por um ou mais condicionadores autônomos de qualquer tipo e capacidade, servindo a um recinto isolado ou a um grupo de recintos, constituindo uma fração autônoma da edificação

3.4
unidade de tratamento de ar
unidade montada em fábrica, em gabinete ou composta no local em arcabouço de alvenaria, comportando todos ou parte dos elementos necessários à realização do processo de condicionamento do ar, ou seja, ventilador(es), filtros de ar, serpentina(s) de resfriamento e desumidificação de expansão direta ou de água gelada, e dispositivos de aquecimento e umidificação que podem ser supridos por fonte de calor proveniente de uma central calorífera ou gerada localmente

3.5
condicionador autônomo

3.5.1
compacto (*self contained*)
unidade com capacidade nominal geralmente superior a 17 kW, montada em fábrica, comportando uma unidade de tratamento de ar com serpentinas de resfriamento de expansão direta conjugada a uma unidade condensadora, resfriada a ar ou a água, incorporada ao gabinete da unidade. O condicionador é previsto para insuflação do ar por dutos. O condensador a ar pode ser desmembrado da unidade para instalação à distância. O condicionador pode também ser apresentado dividido, para instalação à distância da unidade condensadora

3.5.2
roof top
condicionador compacto, projetado para ser instalado ao tempo, sobre a cobertura

3.5.3
mini-split
condicionador constituído por uma unidade de tratamento de ar de expansão direta, de pequena capacidade (geralmente inferior a 10 kW), instalada dentro do ambiente a que serve (designada unidade interna), geralmente projetada para insuflação do ar por difusor incorporado ao gabinete, sem dutos, suprida em fluido refrigerante líquido por uma unidade condensadora, instalada externamente (designada unidade externa)

3.5.4
de janela
unidade de pequena capacidade (geralmente inferior a 10 kW), montada em fábrica, comportando uma unidade de tratamento de ar com serpentina de resfriamento de expansão direta, conjugada a uma unidade condensadora resfriada a ar, montados em gabinete projetado para ser instalado no ambiente, em janela ou em abertura na parede externa, com insuflação do ar por difusor incorporado ao gabinete

3.6
unidade condensadora
unidade montada em fábrica, composta de um ou mais compressores frigoríficos e condensadores resfriados a ar ou a água

3.7
fração autônoma de uma edificação
conjunto de recintos de uma edificação sob a mesma administração, caracterizando uma unidade autônoma definida

EXEMPLO:
Escritórios de uma empresa ocupando parte de um edifício
Conjunto de consultórios de um centro médico
Conjunto de lojas de um centro comercial
Conjunto dos apartamentos de hóspedes de um hotel convencional ou de longa permanência

3.8
zona térmica
grupo de ambientes com o mesmo regime de utilização e mesmo perfil de carga térmica, permitindo que as condições requeridas possam ser mantidas com um único dispositivo de controle, ou atendidas por um único equipamento condicionador destinado somente àquela zona

3.9
fator de calor sensível
fração sensível da carga térmica

3.10
calor sensível
calor que produz uma variação da temperatura do ar sem alteração do conteúdo de umidade

3.11
calor latente
calor de evaporação ou condensação do vapor de água do ar, que produz uma variação do conteúdo de umidade do ar sem alteração da temperatura

3.12
ar-padrão
ar à pressão barométrica de 101,325 kPa, temperatura de 20 °C, umidade absoluta de 0 kg de vapor de água/kg de ar seco, com massa específica de 1,2 kg/m3.

4 Procedimento de elaboração e documentação do projeto

A elaboração do projeto deve ocorrer em etapas sucessivas, dividindo-se o processo de desenvolvimento das atividades técnicas de modo a se obter uma evolução positiva e consistente da concepção adotada para as instalações e da integração destas com a edificação e seus componentes, garantindo o atendimento às exigências de desempenho e qualidade definidas pelo contratante.

Cabe ao projetista executar as atividades e fornecer ao contratante os documentos de acordo com o estipulado em 4.1 a 4.5. O estipulado em 4.6 é de responsabilidade da empresa executora da obra.

Em situações onde o empreendimento já é existente e se pretenda aplicar uma solução de reforma e/ou adequação da instalação existente (*retrofit*), algumas ações ou etapas podem vir a ser suprimidas de acordo com o projetista contratado.

4.1 Concepção inicial da instalação

Etapa destinada a:

a) análise conjunta entre o projetista, empreendedor e escritórios de arquitetura sobre os impactos das soluções envolvendo o consumo de energia da edificação e os aspectos ambientais;

b) análise junto ao empreendedor da diretriz de enquadramento desejada por ele para a obtenção de etiquetagem de eficiência energética do respectivo empreendimento;

c) coleta de informações sobre as condições locais que possam ter influência na concepção das instalações, tais como o atendimento pelos serviços públicos de água, esgoto, gás combustível e energia elétrica, topografia, incidência solar, edificações na vizinhança, condições do meio externo, tipo de ocupação, etapas de implantação do empreendimento, exigências específicas das autoridades legais etc;

d) coleta de dados preliminares de requisitos de tratamento de ar, parâmetros para os cálculos de carga térmica e especificações dos detalhes arquitetônicos da edificação tais como: condições específicas de temperatura, umidade relativa, pressão interna, renovação de ar e classe de filtragem requerida, leiaute e dissipação térmica de equipamentos, altura de entre forros, tipos de vidro e materiais e revestimentos de coberturas e paredes, dispositivos de sombreamento etc;

e) análise comparativa de sistemas viáveis de serem aplicados, a partir de um levantamento preliminar de carga térmica;

f) indicação preliminar das necessidades de áreas e espaços técnicos, com estimativa de carga estática e consumo elétrico dos equipamentos.

Esta etapa engloba conceitualmente as etapas de Levantamento (LV), Programa de Necessidades (PN), Estudo de Viabilidade (EV) e Estudo Preliminar (EP), conforme a ABNT NBR 13531.

Para a execução desta etapa, o contratante deve disponibilizar ao projetista:

— plantas de situação do terreno;

— dados gerais do empreendimento conforme relacionados nos itens referentes à coleta de dados;

— projeto legal ou estudos de arquitetura.

4.2 Definição das instalações

Etapa destinada à evolução da concepção das instalações e à representação das informações técnicas provisórias de detalhamento das instalações, com informações necessárias e suficientes ao início do inter-relacionamento entre os projetos das diversas modalidades técnicas participantes no processo, para uma avaliação preliminar de interferências e elaboração de estimativas aproximadas de custos. Refere-se à etapa de Anteprojeto (AP), conforme a ABNT NBR 13531.

Deve incluir as seguintes atividades:

— cálculos preliminares de carga térmica e vazão de ar;

— seleção preliminar de equipamentos, com dados referenciais de dimensões, capacidade, consumo energético, consumo de água e peso;

— definição preliminar de localização das casas de máquinas e suas dimensões;

— dimensionamento preliminar das redes de dutos principais e definição dos espaços de passagem vertical e horizontal necessários;

— dimensionamento preliminar das redes hidráulicas e frigoríficas principais, e definição dos espaços de passagem vertical e horizontal necessários;

— representação gráfica das instalações de forma esquemática para identificação preliminar de interferências.

Para a execução desta etapa, o contratante deve disponibilizar ao projetista:

— complementação ou atualização dos dados gerais do empreendimento fornecidos na etapa anterior;

- definição consensual sobre o sistema a ser adotado;
- desenhos preliminares de arquitetura e leiautes de ocupação, com plantas e cortes; e
- lançamento preliminar de formas da estrutura.

4.3 Identificação e solução de interfaces

Esta etapa se constitui como evolução da etapa de definição das instalações, sendo destinada à concepção e à representação das informações técnicas das instalações, ainda não completas ou definitivas, mas já com as soluções de interferências entre sistemas acordadas, tendo todas as suas interfaces resolvidas. Refere-se à etapa de pré-execução (PR), conforme a ABNT NBR 13531.

Deve incluir as atividades de:

- consolidação dos cálculos, seleção de equipamentos, localização e dimensões das casas de máquinas, dimensionamento de toda a rede de distribuição de ar, rede hidráulica e frigorífica;
- participação no processo de definição das soluções de compatibilização com os elementos da edificação e demais instalações;
- representação gráfica do desenvolvimento da rede de dutos, incluindo a definição do tipo, seleção e posicionamento das grelhas e difusores de ar.

Para a execução desta etapa, o contratante deve disponibilizar ao projetista:

- complementação ou atualização dos dados gerais do empreendimento fornecidos na etapa anterior;
- comentários sobre os desenhos gerados na etapa 4.2;
- plantas e cortes atualizados de arquitetura e de leiautes de ocupação;
- planta de forros com posicionamento de luminárias;
- pré-formas da estrutura de todos os pavimentos.

4.4 Projeto de detalhamento

Esta etapa se constitui como evolução da etapa de identificação e solução de interfaces, sendo destinada a consolidar o conceito de projeto adotado e à representação final das informações técnicas das instalações, completas, definitivas, necessárias e suficientes à licitação (contratação) e à execução dos serviços. Refere-se às etapas de Projeto Básico (PB) e Projeto para execução (PE), conforme a ABNT NBR 13531.

A documentação a ser gerada nesta etapa deve conter elementos suficientes para garantir a correta compreensão do conceito adotado no projeto e a perfeita caracterização das instalações, envolvendo: distribuição de fluidos térmicos, distribuição de ar, controle, alimentação e comando elétrico, e todas as especificações necessárias para permitir a tomada de preços, aquisição, execução e colocação em operação das instalações.

Deve incluir peças gráficas contendo os desenhos das instalações de distribuição de ar e redes hidráulicas em plantas e cortes, mostrando com clareza:

- as áreas técnicas e bases de assentamento previstas para os equipamentos utilizados como referência;
- espaços reservados para passagem das instalações, soluções adotadas para compatibilização de interferências com os elementos estruturais da edificação e demais instalações prediais;

— afastamentos necessários para a operação e manutenção do sistema;

— detalhes construtivos;

— fluxogramas de ar, fluidos térmicos, redes frigoríficas quando necessários, em instalações de maior complexidade, para permitir a visualização das instalações de maneira esquemática e global;

— necessidades a serem supridas pela infra-estrutura das instalações prediais de energia elétrica, gás combustível, água e esgoto;

— descritivo funcional da lógica de controle, informando os componentes necessários e sua localização, parâmetros operacionais a serem atendidos e as interfaces com sistema de automação predial (se houver);

— descritivo funcional e referências normativas para o fornecimento e montagem das instalações e quadros elétricos de alimentação elétrica e comando indicando as lógicas de intertravamentos de operação, proteção, manobra, medição e sinalização;

— especificações gerais de equipamentos, indicando as características técnicas exigidas, tais como as capacidades, características construtivas e condições operacionais, como temperaturas de entrada e saída de ar e de água, vazões de ar e água, pressão, potência e voltagem de equipamentos elétricos e outros dados necessários para a correta seleção destes;

— especificações gerais de componentes e materiais a serem fornecidos, indicando as características exigidas e as referências normativas e padrões técnicos a serem obedecidos;

— resumo geral dos dados resultantes dos cálculos de carga térmica para cada ambiente ou zona térmica, relacionando os parâmetros adotados;

— memorial descritivo contendo a descrição geral das instalações, justificativas das soluções adotadas, serviços e responsabilidades a cargo da empresa instaladora e do contratante.

Para a execução desta etapa, o contratante deve disponibilizar ao projetista:

— complementação ou atualização dos dados gerais do empreendimento fornecidos na etapa anterior;

— comentários sobre os desenhos gerados na etapa descrita em 4.3;

— plantas e cortes definitivos de arquitetura e de leiautes de ocupação;

— planta de forros com posicionamento definitivo das luminárias;

— formas definitivas da estrutura de todos os pavimentos;

— dados sobre a infra-estrutura das instalações elétricas e hidráulicas prediais.

4.5 Projeto legal

Esta etapa deve ser executada sempre que requerida e se destina à representação, na formatação exigida, das informações técnicas necessárias à análise e aprovação, pelas autoridades competentes, com base nas exigências legais (municipal, estadual e federal). Refere-se à etapa de Projeto Legal (PL), conforme a ABNT NBR 13531.

4.6 Detalhamento de obra e desenhos "conforme construído"

a) a responsabilidade sobre esta etapa cabe à empresa instaladora, que deve efetuar o detalhamento e as adequações necessárias no projeto, em função de:

- características dimensionais e construtivas dos equipamentos efetivamente utilizados;

- detalhes construtivos e padrões de fabricação específicos dos itens de seu fornecimento tais como quadros elétricos, dutos de ar, rede hidráulica e seus elementos de sustentação.

b) modificações do projeto exigidas por interferências surgidas em decorrência do desenvolvimento das obras civis e demais instalações prediais, ou alterações de arquitetura, leiaute e uso dos ambientes, devem ser definidas e detalhadas pela empresa contratada para a execução da obra e formalmente aprovadas pelo projetista.

c) cabe ainda à empresa instaladora elaborar e fornecer ao contratante, na conclusão e entrega da obra, os desenhos "conforme construído", incorporando todas as alterações introduzidas no decorrer da obra.

d) o manual de operação e manutenção da instalação deve conter no mínimo:

- memorial descritivo da instalação contendo a relação dos equipamentos com as seguintes informações de cada equipamento e instrumentos de medição:

  - fabricante;

  - modelo;

  - tipo;

  - número de série;

  - características elétricas,

  - curvas características;

  - dados de operação.

- recomendações operacionais para colocação em funcionamento e desligamento do sistema segundo a recomendação dos fabricantes;

- recomendações com periodicidades de manutenção dos equipamentos segundo a recomendação dos fabricantes;

- esquemas elétricos de controle;

- certificados de garantias de cada equipamento e instrumentos de medição;

- recomendação de calibração dos instrumentos de medição;

e) os relatórios de ensaio, ajustes finais e balanceamento do sistema e de suas partes, fornecidos pelo profissional ou entidade responsável, devem ser incluídos na documentação final da instalação.

5 Condições climáticas e termoigrométricas de projeto

O projeto e o dimensionamento do sistema devem ser baseados nas condições climáticas do local estipuladas em 5.1, nas condições termoigrométricas de projeto estipuladas em 5.2

5.1 Dados climáticos de projeto

5.1.1 O Anexo A apresenta, para cada localidade listada, conjuntos de dados climáticos para diversas freqüências anuais de ocorrência e objetivos do cálculo. Cabe ao projetista determinar as condições de projeto, obedecendo aos seguintes critérios:

Freqüência de ocorrência, adotar:

— 0,4 % e 99,6 % - obrigatória para projetos críticos, exigindo uma probabilidade mínima de a capacidade calculada ser inferior à necessária para garantir as condições internas - opcional para sistemas comerciais ou residenciais de alta exigência;

— 1 % e 99 % - adequada para projetos comerciais ou residenciais;

— 2 % - adotar somente em situação onde se admita ultrapassar com maior freqüência, as condições internas de temperatura e umidade relativa previstas em projeto.

Objetivo do cálculo e dados a adotar:

a) dimensionamento de sistemas de resfriamento/desumidificação (cargas térmicas sensíveis e latentes por zona e total do sistema): TBS e TBUc;

b) verificação de se a carga total de resfriamento do sistema não ultrapassa a determinada com as condições indicadas em a), no caso de altas taxas de ar exterior: TBU e TBSc;

c) dimensionamento de sistemas de resfriamento evaporativo e torres de resfriamento: TBU e TBSc;

d) dimensionamento de sistemas de baixa umidade: TPO, w e TBSc;

e) dimensionamento de sistemas de aquecimento e umidificação: TBS e TPO, w e TBSc.

Para localidades não listadas no Anexo A, adotar os dados da localidade listada cujos parâmetros mais se aproximam dos parâmetros climáticos da localidade do projeto: mês mais quente e mês mais frio, altitude, média dos extremos anuais e outros. A Referencia Bibliográfica [1] pode também ser consultada, a fim de avaliar, por comparação, as condições de projeto de localidades não listadas, em base ao zoneamento bioclimático apresentado.

5.1.2 Os dados climáticos listados foram coletados em aeroportos. Cabe ao projetista considerar a possível ocorrência de ilhas de calor no centro das cidades e avaliar a correção necessária dos dados listados.

5.1.3 A fonte dos dados climáticos e seus critérios adotados devem ser sempre indicados no projeto

5.2 Condições termoigrométricas internas

5.2.1 Para sistemas de conforto, a temperatura operativa e a umidade relativa e demais condições de projeto relacionadas devem ser determinadas dentro da faixa de conforto estipulada na Seção 6 da ABNT NBR 16401-2:2008.

5.2.2 Para sistemas onde a finalidade é a manutenção de condições especiais requeridas por processos ou produtos, o contratante deve estipular a temperatura de bulbo seco e a umidade relativa de projeto, com a indicação da faixa de tolerância admissível.

6 Cálculo de carga térmica

As cargas térmicas devem ser expressas em watts e as vazões de ar em litros por segundo de ar padrão e corrigidas para a massa especifica efetiva do ar em cada fase do processo.

6.1 Abrangência do cálculo e metodologia

6.1.1 Zoneamento

Para efeito de cálculo devem ser identificadas as zonas térmicas, como definidas em 3.7.

6.1.2 Abrangência do cálculo

Devem ser calculadas:

a) as cargas térmicas de resfriamento e desumidificação:

— de cada recinto e zona, como estipulado em 6.2;

— de cada unidade de tratamento de ar e condicionador autônomo, como estipulado em 6.3;

— do sistema central constituído pelo conjunto das unidades de tratamento de ar, como estipulado em 6.4;

b) as cargas térmicas de aquecimento e umidificação, como estipulado em 6.5.

6.1.3 Metodologia

6.1.3.1 As cargas térmicas devem ser calculadas em quantas horas do dia de projeto forem necessárias para determinar a carga máxima de cada zona e as cargas máximas simultâneas de cada unidade de tratamento de ar e do conjunto do sistema, bem como as épocas de suas respectivas ocorrências.

Deve ainda ser considerado o efeito dinâmico da massa da edificação sobre a carga térmica.

6.1.3.2 Este cálculo, exceto para sistemas muito simples, é inviável sem o auxílio de um programa de computador. O programa deve ser baseado nos métodos da *ASHRAE* (*TFM – Transfer Function Method ou preferivelmente RTS – Radiant Time Series Method)*, descritos detalhadamente nas Referências Bibliográficas [2] e [3], respectivamente.

Existem diversos programas disponíveis, como os programas livres publicados pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos, ou programas desenvolvidos e registrados pelos principais fabricantes de equipamentos.

Na utilização destes programas cabe ao projetista reavaliar os valores já predefinidos para os coeficientes de transmissão global de calor da edificação. Os valores devem ser adaptados aos parâmetros reais de projeto da edificação.

6.1.3.3 Para sistemas com zona única ou pequeno número de zonas, é admissível adotar o método da *ASHRAE CLTD/CLF - Cooling Load Temperature Difference / Cooling Load Factor*, descrita detalhadamente na Referência Bibliográfica [2]. O método é uma versão simplificada, adaptada para cálculo manual, do método TFM. Consiste em tabelas de fatores e coeficientes pré-calculados para construções e situações típicas.

6.1.3.4 Algumas zonas podem apresentar picos de insolação em dias do ano outros que o dia mais quente de projeto. Para o cálculo da carga máxima destas zonas, cabe ao projetista estimar as condições termoigrométricas a serem adotadas.

6.2 Carga térmica interna dos recintos

6.2.1 A envoltória

O calor contribuído pela envoltória resulta da diferença de temperatura externa e interna somada à radiação solar incidente, direta e difusa.

6.2.1.1 Devem ser considerados

— a orientação solar das fachadas;

— para a envoltória externa opaca (paredes e coberturas): tipo, materiais, massa por metro quadrado, capacidade térmica, coeficientes de transmissão de calor, cor da superfície externa;

— para os vãos externos translúcidos (janelas e clarabóias): tipo de material, propriedades óticas e absorção de calor, coeficiente de transmissão de calor, coeficiente de ganho solar, proteção solar interna e sombra projetada por anteparos e edifícios vizinhos;

— para as divisórias com recintos não condicionados (paredes, tetos e pisos): tipo, material, coeficiente de transmissão de calor da divisória e temperatura dos recintos vizinhos;

— a massa total da envoltória e do seu conteúdo por metro quadrado de piso do recinto.

6.2.1.2 Deve-se considerar o efeito de retardamento devido à inércia térmica da estrutura:

— na parte opaca da envoltória externa, o calor incidente é antes absorvido pela massa das paredes e coberturas e só se constitui em carga térmica quando a temperatura de superfície interna do envoltório se eleva acima da temperatura do ar, sendo o calor armazenado gradativamente transmitido ao ar do recinto por condução e convecção;

— na parte translúcida da envoltório externa, a radiação solar incidente que penetra diretamente no recinto é antes absorvida pela massa do recinto e de seu conteúdo e só se constitui em carga térmica quando a temperatura de sua superfície se eleva acima da temperatura do ar, e o calor armazenado é gradativamente transmitido ao ar do recinto por condução e convecção;

em ambos os casos, os ciclos diários das cargas térmicas são defasados no tempo e reduzidos em intensidade em relação às cargas incidentes; cessada a carga incidente o calor armazenado pode continuar a se dissipar no recinto, após o desligamento do sistema, constituindo-se em carga remanescente, a ser dissipada no início de operação no dia seguinte.

6.2.1.3 O desempenho térmico dos elementos e componentes da edificação deve ser calculado de acordo com a ABNT NBR 15220-2.

6.2.2 As fontes internas de calor e umidade

Devem ser avaliadas separadamente as frações sensíveis e latentes, e considerada a defasagem no tempo e a redução da intensidade da fração radiante da carga de cada componente, como descrito em 6.2.1.2. O calor latente é considerado carga instantânea.

6.2.2.1 Pessoas

— O número máximo esperado de pessoas em cada recinto deve ser estipulado pelo contratante do projeto. Para sistemas de conforto, na ausência desta informação, deve ser adotada a densidade de ocupação indicada na Tabela 1 da ABNT NBR 16401-3:2008. Devem também ser considerados o regime e os horários de ocupação.

— O número máximo de pessoas estipulado deve ser adotado, para projeto, apenas no caso de ocorrer ocupação contínua por 90 min ou mais. No caso de ocupação intermitente de curta duração, deve ser adotada uma taxa média determinada de comum acordo com o contratante do projeto.

— Devem ser adotados os valores de calor sensível e calor latente dissipado pelas pessoas estipulados na Tabela C.1.

6.2.2.2 Iluminação

— O tipo e a potência das luminárias devem ser obtidos do projeto de iluminação ou estipulados pelo contratante do projeto. Na ausência desta informação, devem ser adotados os valores típicos para as densidades de potência de iluminação estipulados na Tabela C.2.

— Deve ser considerada a montagem das luminárias no ambiente (suspensas do forro ou embutidas) e a possibilidade de parte do calor das luminárias não ser dissipado no ambiente, e sim no ar de retorno, quando embutidas em forro falso servindo de plenum de retorno.

— Deve ser avaliada a possível não simultaneidade da carga de iluminação com a carga máxima de insolação das áreas envidraçadas.

6.2.2.3 Equipamento de escritório

— A dissipação efetiva de calor dos equipamentos de escritório deve ser obtida a partir de levantamento dos equipamentos e de informações do fabricante. Devem ser ainda considerados a operação dos equipamentos em modo de espera ou intermitente e o fator de simultaneidade.

— Na ausência destas informações, devem ser adotados os valores típicos de dissipação de calor listados nas Tabelas C.3 a C.6.

6.2.2.4 Motores elétricos

— A dissipação efetiva de calor dos motores elétricos deve ser obtida a partir de levantamento dos equipamentos e de informações do fabricante. Na ausência dessa informação, devem ser adotados os valores típicos da eficiência e dissipação de calor de motores elétricos operando a plena carga listados na Tabela C.7.

— Devem ser ainda considerados: a eventual operação dos motores em carga parcial ou intermitente e o fator de simultaneidade.

6.2.2.5 Outras fontes de calor e umidade

— A dissipação efetiva de calor e umidade de equipamentos comerciais de cozinha, lanchonete, médicos e de laboratórios deve ser obtida a partir de levantamento dos equipamentos e de informações do fabricante. Na ausência dessa informação devem ser adotados os valores listados nas Tabelas C.8 a C.10 ou, se necessário, consultada a Referência Bibliográfica [3].

— Deve-se considerar a migração de umidade para o ambiente, sempre presente. Este efeito é desprezível em instalações de conforto, mas pode se constituir na fonte mais importante de carga latente em sistemas de baixa umidade, onde os diferenciais de pressão de vapor no envoltório são consideráveis.

6.2.2.6 Infiltrações

— Infiltração é o fluxo de ar externo para dentro da edificação através de frestas e outras aberturas não intencionais, e através do uso normal de portas localizadas na fachada.

— No caso de aberturas em fachadas opostas, pode se dar infiltração por uma fachada e exfiltração (saída não intencional de ar) pela outra.

— A infiltração de ar é normalmente provocada pelo efeito de ventos e de diferenças de pressão devidas ao efeito chaminé e, quando não mantida sob controle, implica taxa adicional de ar exterior e conseqüentemente de carga térmica para o sistema.

— É usual manter os ambientes condicionados levemente pressurizados, o que ajuda a minimizar os efeitos da infiltração de ar não controlada.

— Dados que permitem estimar as vazões de ar infiltrado e/ou exfiltrado podem ser encontrados na Referência Bibliográfica [4].

6.3 Carga térmica das unidades de tratamento de ar e condicionadores autônomos

É constituída do descrito em 6.3.1 a 6.3.5.

6.3.1 Soma das cargas térmicas das zonas

6.3.1.1 É a carga máxima simultânea do conjunto de zonas servidas pela unidade; não é necessariamente a soma dos máximos das zonas, que podem não ocorrer simultaneamente.

6.3.1.2 Deve-se considerar ainda um eventual fator de simultaneidade para alguns dos componentes da carga térmica (pessoas, iluminação, equipamentos) ao nível do conjunto das zonas.

6.3.2 Outros ganhos e perdas de calor

Devem ser acrescentados:

— o calor dissipado pelos ventiladores;

— os ganhos e perdas de calor nos dutos de ar.

6.3.3 Ar exterior

Devem ser acrescentadas as cargas, sensível e latente, do ar exterior a ser admitido no sistema.

6.3.3.1 Para sistemas de conforto, a vazão mínima de ar exterior deve ser determinada de acordo com o estipulado na Seção 5 da ABNT NBR 16401-3:2008. O nível (1, 2, ou 3) a ser adotado deve ser determinado em comum acordo com o contratante.

A vazão de ar exterior deve ser suficiente para manter os locais em leve pressão positiva e minimizar as infiltrações.

6.3.3.2 Para sistemas especiais ou ligados a processos industriais, a vazão mínima de ar exterior deve ser determinada de forma a garantir gradientes de pressão (positivos e/ou negativos) entre os ambientes condicionados e em relação à atmosfera, parâmetros de processo, condições mínimas de segurança e saúde ocupacional durante a permanência de pessoas dentro dos ambientes condicionados, tais como: concentração de gases e vapores nocivos à saúde, limites de explosão de gases e vapores de combustíveis, concentração de oxigênio e outros fatores de risco.

A vazão de ar exterior deve atender ao estipulado nas normas e legislação especificamente relativas a estes sistemas.

6.3.4 Psicrometria e vazão de ar

6.3.4.1 Deve-se realizar um estudo psicrométrico para determinar as condições de operação à plena carga de cada unidade de tratamento de ar e calcular as vazões de ar a serem supridas a cada zona, a fim de atender à correta relação sensível/latente da carga térmica.

6.3.5 O estudo deve avaliar as condições de operação em carga parcial, quando a fator de calor sensível é freqüentemente menor que a plena carga, exigindo medidas de controle apropriadas, a fim de evitar que a umidade dos recintos se eleve acima da condição de projeto.

6.4 Carga térmica do sistema central ou do sistema *multi-split*

É constituída do descrito em 6.4.1 e 6.4.2..

6.4.1 Soma das unidades de tratamento de ar

É a carga máxima simultânea do conjunto de unidades servidas pelo sistema; não é necessariamente a soma dos máximos das zonas, que podem não ocorrer simultaneamente.

6.4.2 Outros ganhos de calor

Deve ser acrescentado o calor dissipado nas bombas e nas redes de distribuição de fluidos.

6.5 Carga térmica de aquecimento e umidificação

6.5.1 Os procedimentos de cálculo são similares aos dos cálculos de resfriamento, sendo porém que as perdas de calor pela envoltória devem ser consideradas instantâneas, desconsiderando o efeito de inércia térmica da estrutura da edificação.

6.5.2 Os ganhos de calor e umidade das fontes internas não devem ser considerados no cálculo da carga térmica máxima, exceto em instalações especiais, onde sua presença permanente é garantida.

7 Critérios de projeto do sistema

7.1 Critérios gerais

7.1.1 Evitar superdimensionar o sistema. Os cálculos das cargas térmicas devem ser os mais exatos possíveis, evitando aplicar "fatores de segurança" arbitrários para compensar eventuais incertezas no cálculo.

7.1.2 Nos sistemas com grande variação da carga térmica (sazonal ou outra) deve se considerar a opção de subdividir o equipamento em módulos menores, que atendam às cargas reduzidas com melhor eficiência. Esta modulação contribui ainda com a confiabilidade do sistema, pois a falha de um dos módulos não acarreta a paralisação total do sistema.

7.1.3 O grau de confiabilidade exigido do sistema deve ser avaliado, e devem ser estipuladas as medidas para assegurar a confiabilidade requerida, como:

— nível adequado de qualidade e confiabilidade dos componentes individuais;

— redundância de componentes ou de partes do sistema;

— instalação de componentes de reserva.

7.1.4 Evitar a necessidade de operar o sistema para atender a pequenos locais que devam funcionar fora dos horários normais do restante dos locais. Recomenda-se prever para estes locais sistemas independentes, operados apenas quando o sistema principal é desligado.

7.1.5 Evitar atender locais com exigências especiais, termoigrométricas e ou de pureza de ar (centros de processamento de dados, laboratórios) pela mesma unidade de tratamento de ar que serve a locais adjacentes que exijam apenas condições de conforto.

7.2 Qualidade do ar interior

O projeto do sistema deve obedecer aos critérios e requisitos de qualidade do ar estipulados na ABNT NBR 16401-3.

7.3 Conservação de energia

Deve-se considerar a adoção de soluções e dispositivos que favoreçam a conservação de energia, como:

a) seleção de componentes de alta eficiência, tanto a plena carga como em carga reduzida;

b) dispositivos de controle e gerenciamento que regulem a capacidade do sistema em função da carga efetivamente existente e mantenham em operação apenas os equipamentos mínimos necessários;

c) distribuição de ar e água em vazão variável que minimize a energia absorvida por ventiladores e bombas;

d) recuperação do calor rejeitado no ar de exaustão ou nos condensadores;

e) aproveitamento das condições externas favoráveis (controle entálpico da vazão de ar exterior, resfriamento noturno dos ambientes);

f) termoacumulação, que reduz a demanda elétrica e o custo da energia elétrica;

g) refrigeração por absorção, que possibilite o aproveitamento de energia calorífica rejeitada;

h) aproveitamento da energia solar.

7.4 Níveis de ruído

Os ruídos decorrentes da operação do sistema de ar-condicionado devem ser considerados sob os seguintes aspectos:

— ruído nos ambientes internos às edificações;

— ruído transmitido à vizinhança;

— ruído nas salas de máquinas do sistema.

7.4.1 Níveis de ruído nos ambientes internos da edificação

Devem ser obedecidos os níveis de ruído máximos nos temos da ABNT NBR 10152. Para ambientes críticos, como estúdios de gravação, salas de concerto, teatros, os níveis de ruído e os critérios acústicos devem ser definidos pelo projetista de acústica do ambiente.

7.4.2 Níveis de ruído na vizinhança da edificação

Os níveis de ruído ambiente na vizinhança da edificação, decorrentes da operação do sistema de ar condicionado, não devem ultrapassar os valores da ABNT NBR 10151.

7.4.3 Níveis de ruído nas salas de máquinas

Os níveis de ruído nas salas de máquinas aos quais os operadores estiverem expostos devem obedecer ao estipulado na NR-15 do Ministério do Trabalho.

7.4.4 Normas e legislação vigentes

Devem prevalecer as exigências que constam em regulamentos e legislação vigentes (federais, estaduais ou municipais) na época da elaboração do projeto, sempre que mais restritivas que o estipulado nesta Parte da ABNT NBR 16401.

7.5 Controle de vibrações

Deve-se especificar o tipo de elementos de amortecimento de vibrações a ser aplicado em equipamentos, dutos e tubulações de modo a limitar sua transmissão à edificação.

7.6 Prevenção de incêndio

7.6.1 A rede de dutos dos sistemas de condicionamento de ar tem o potencial de conduzir fumaça, gases tóxicos, gases quentes e até mesmo chamas entre áreas por ela interligadas, além de suprir oxigênio para alimentar a combustão em uma situação de incêndio. Portanto, a prevenção contra o alastramento do fogo e fumaça através do sistema é essencial para a segurança da vida e proteção do patrimônio.

7.6.2 O sistema de condicionamento de ar deve ser projetado levando em consideração as medidas de segurança contra incêndio na edificação, especialmente com relação à compartimentação horizontal e vertical prevista em regulamentações oficiais. Para tanto, devem ser solicitadas plantas de arquitetura indicando claramente os limites das áreas compartimentadas e as rotas de fugas previstas.

7.6.3 Quando uma edificação for dotada de sistema ativo de controle de fumaça ou de sistema de pressurização de escada, o sistema de condicionamento de ar deve ser projetado de forma integrada a estes sistemas de segurança, considerando as interferências intrínsecas na movimentação do ar, seja em operação normal ou em regime de emergência.

7.6.4 Em caso de incêndio, todo equipamento que promova a movimentação de ar em condições que desfavoreçam o acesso das pessoas às rotas de fuga deve ser desativado. Já os equipamentos que operam dentro da estratégia estabelecida para proteção destas rotas, devem ser mantidos ou colocados em atividade, devendo ser alimentados por fonte de energia compatível com a prevista para a alimentação dos sistemas de segurança.

7.6.5 Quando áreas integrantes de rotas de fuga forem condicionadas ou mesmo utilizadas como plenum para passagem do ar, o projeto deve ser desenvolvido de maneira a minimizar a passagem de fumaça e ou gases tóxicos para as rotas de fuga em caso de sinistro, a fim de garantir condições seguras de evasão.

7.6.6 Todas as aberturas e passagens de dutos e tubulações do sistema de condicionamento de ar através de paredes, entre pisos e divisões solicitadas a resistência contra fogo ou fumaça devem ser protegidas por registros corta fogo ou fumaça de forma a manter a integridade física da barreira em caso de incêndio, com o mesmo grau de proteção previsto para a barreira, contra a passagem de fogo, calor, fumaça e gases.

7.6.7 Cabe ao projetista efetuar a compatibilização do sistema de condicionamento de ar com as necessidades relativas à proteção contra incêndio, requeridas para detecção, alarme e controle de incêndio, em conformidade com os requisitos estabelecidos pelo responsável técnico pelos sistemas de segurança.

7.6.8 Os materiais empregados na fabricação de dutos, isolamentos térmicos e acústicos, selagem e vedação devem apresentar índice de propagação superficial de chama "Ip" inferior a 25 (classe A), de acordo com a ABNT NBR 9442 e índice de densidade ótica máxima de fumaça "Dm" inferior ou igual a 450, de acordo com a ASTM E 662-06. Materiais que desprendam vapores tóxicos em presença de chama não são aceitáveis.

8 Critérios de seleção dos equipamentos principais

8.1 Grupos resfriadores de água

8.1.1 O projeto deve estipular a eficiência exigida dos grupos resfriadores de água, em plena carga e em carga parcial, aferida de acordo com a ARI 550/590

8.1.2 A temperatura da água gelada suprida pelos grupos deve ser selecionada de forma a otimizar o desempenho e o custo do sistema. Valores-padrão costumeiramente usados nem sempre resultam na melhor solução e não devem ser adotados sem análise.

8.1.3 Deve ser observado que os resfriadores de água trabalhando em condições diferentes daquelas descritas em 8.1.1 apresentarão desempenho também diferente e isto deve ser levado em consideração na seleção do equipamento

8.1.4 No caso de haver pequenas cargas que exijam temperatura de água muito mais baixa que as demais, ou operando em horários diferenciados, recomenda-se prever um conjunto frigorífico separado para atender apenas a estas cargas. Em alternativa, estas cargas podem ser atendidas por um sistema de expansão direta.

8.2 Torres de resfriamento e condensadores evaporativos

8.2.1 As torres devem ser selecionadas considerando a temperatura de bulbo úmido de projeto estipulada em 5.1.1 c), adotando-se o valor correspondente à freqüência de ocorrência de 0,4 %.

8.2.2 As torres devem ser providas de sistema de controle de capacidade que limite a temperatura da água fria ao menor valor estipulado pelo fabricante dos condensadores. Recomenda-se que a redução de capacidade seja feita pelo escalonamento dos ventiladores e/ou a redução da velocidade de rotação destes.

8.2.3 As torres de resfriamento e condensadores evaporativos devem ser posicionadas de modo a respeitar a distância mínima estipulada na ABNT NBR 16401-3.

8.2.4 Quando instaladas em paralelo, deve-se manter em operação somente aquelas necessárias para atender à carga térmica, evitando a circulação da água pelas torres inativas.

8.3 Condensadores resfriados a ar

8.3.1 Os condensadores resfriados a ar, remotos ou incorporados a outros equipamentos, devem ser selecionados considerando a temperatura de bulbo seco de projeto estipulada em 5.1.1 a), adotando-se o valor correspondente à freqüência de ocorrência de 0,4 %, ou no mínimo 35 °C.

8.3.2 Os condensadores sujeitos a operar em ambiente frio devem ser providos de sistema de controle que limite a pressão de condensação ao valor estabelecido pelo fabricante do equipamento atendido pelo condensador. Recomenda-se que a redução de capacidade seja feita pelo escalonamento dos ventiladores e/ou a redução da velocidade de rotação destes.

8.4 Sistemas centrais multisplit

Na seleção da unidade externa deve-se considerar a redução da capacidade devida ao comprimento equivalente das linhas frigoríficas, de acordo com as recomendações do fabricante.

8.5 Unidades de tratamento de ar

8.5.1 Recomenda-se que as unidades de tratamento de ar possuam uma conexão para tomada de ar exterior. Quando desprovidas desta conexão, deve ser previsto um sistema independente de suprimento de ar exterior.

8.5.2 Recomenda-se selecionar unidades etiquetadas pelo INMETRO na classe A.

8.6 Ventiladores

8.6.1 Os ventiladores devem ser selecionados para operarem em plena carga no ponto de eficiência máxima de sua curva característica, ou pouco à direita deste, e evitando a faixa de instabilidade. Deve se evitar selecionar unidades de tratamento de ar com ventiladores de baixa eficiência.

8.6.2 Na seleção do ventilador deve-se considerar o "efeito do sistema", ou seja, a interação do ventilador com o sistema. O desempenho do ventilador no campo pode ser sensivelmente inferior ao publicado devido à conexão de descarga imprópria e/ou não-uniformidade do fluxo ou turbulência na entrada.

8.6.3 Em sistemas de vazão variável, a redução de vazão deve se der por redução da velocidade de rotação do ventilador ou com registros radiais na aspiração e não por *by-pass* do fluxo em excesso. Ventiladores com potência até 3,75 kW podem "correr na curva".

8.7 Bombas hidráulicas

8.7.1 As bombas devem ser selecionadas para operarem em plena carga no ponto de eficiência máxima de sua curva característica, ou pouco à direita deste.

8.7.2 Nas associações de bombas em paralelo ou em série, a potência dos motores deve ser dimensionada para a potência requerida quando apenas uma bomba estiver em operação.

8.7.3 Em sistemas de vazão variável, a redução de vazão deve se dar por redução da velocidade de rotação e não por *by-pass* do fluxo em excesso. Bombas com potência até 3,75 kW podem "correr na curva".

8.7.4 Deve-se manter, em qualquer condição operacional, uma pressão estática líquida positiva na conexão de aspiração da bomba 20 % superior à mínima requerida pela bomba para evitar a cavitação.

8.8 Motores elétricos

8.8.1 Recomenda-se que motores de 7,5 kW ou mais, e motores de qualquer capacidade que operem 24 h por dia, sejam do tipo de alta eficiência. Fazem exceção os motores de compressores herméticos, que obedecem às especificações do fabricante e motores monofásicos de potência fracionária.

8.8.2 Em regra geral os motores não devem ser superdimensionados. Deve-se realizar um cálculo exato da potência requerida e selecionar os motores de potência nominal a mais próxima da calculada, fazendo uso, se necessário, do fator de serviço para motores que operam com carga variável ou intermitente.

8.8.3 Motores controlados por variador de freqüência devem ser apropriados para operarem em freqüência variável.

9 Difusão do ar

9.1 Requisitos gerais

9.1.1 O tipo e a localização dos difusores e grelhas de insuflação, retorno e exaustão devem satisfazer as condições estipuladas na ABNT NBR 16401-2 para os limites da velocidade média na zona ocupada e para as variações de temperatura admissíveis no recinto, e devem ser dotados de dispositivos de regulagem de vazão.

9.1.2 Devem ser evitados esquemas de distribuição que favoreçam curtos-circuitos do ar, prejudicando a eficiência de ventilação "Ez" assumida no cálculo da vazão de ar exterior (ver ABNT NBR 16401-3)

9.2 Seleção de grelhas e difusores

9.2.1 As grelhas e difusores devem ser selecionados de acordo com as instruções do fabricante. O modelo e tamanho adotados devem ser especificados no projeto e mostrados nos desenhos, acompanhados da vazão de projeto.

9.2.2 Na distribuição do ar em vazão variável devem ser selecionados difusores que evitem o despejo descontrolado do ar em vazão reduzida.

10 Distribuição do ar – Projeto

10.1 Traçado da rede de dutos

10.1.1 O caminhamento dos dutos deve ser o mais curto e direto possível, considerando as interferências com a estrutura e as demais instalações e serviços do edifício.

10.1.2 Recomenda-se que o duto tronco de insuflação seja ramificado de forma a facilitar o ajuste das vazões e/ou permitir a instalação de dispositivos de controle automático. Em particular, evitar servir diversos recintos por grelhas ou difusores conectados em série no mesmo ramal, ou servir com o mesmo ramal recintos pertencentes a zonas térmicas diferentes.

10.1.3 Não devem ser instaladas bocas de ar diretamente em duto tronco de insuflação, exceto quando atender a um único ambiente

10.1.4 Os dutos de ar devem atender aos requisitos da ABNT NBR 16401-3.

10.1.5 Nas bifurcações de dutos não devem ser utilizados divisores tipo *splitters*.

10.2 Dimensionamento

10.2.1 Fatores a considerar

10.2.1.1 Dados que relacionam o diâmetro do duto com a velocidade do ar e a perda de carga por metro linear de duto reto podem ser encontrados na Referência Bibliográfica [5]. Os dados se referem a dutos circulares, de chapa galvanizada com uma emenda longitudinal e rugosidade interna de 0,09 mm, e indicam as correções para outros materiais ou rugosidades internas.

10.2.1.2 A Referência Bibliográfica [C5] fornece ainda o diâmetro equivalente de dutos retangulares e ovalizados e uma lista de singularidades típicas (transformações, derivações, bifurcações convergentes e divergentes, curvas e cotovelos, registros), com seus respectivos tipos, configurações e fatores de perdas ou ganhos dinâmicos.

10.2.1.3 Os dados referentes a dutos flexíveis e dutos de material fibroso devem ser obtidos com os fabricantes.

10.2.2 Método de fricção constante

10.2.2.1 Consiste em estipular um coeficiente de perda por fricção uniforme em toda a rede, situado entre 0,7 e um máximo de 4,0 Pa/m ou 5,0 Pa/m de duto reto. Um valor de 1,0 Pa/m ou 1,3 Pa/m é recomendado para uma perda de carga moderada, enquanto valores mais altos podem ser adotados para reduzir o tamanho dos dutos, embora ao custo de maior consumo de energia.

10.2.2.2 O coeficiente adotado não deve necessariamente ser aplicado a toda a rede. Determinados ramais, curtos e próximos ao ventilador, podem ser dimensionados com coeficiente de fricção maior, para reduzir a necessidade de restringir excessivamente os dispositivos de regulagem.

10.2.3 Método de recuperação estática

10.2.3.1 O método clássico (*Carrier*) procura compensar parcialmente a perda de pressão estática de um trecho entre duas junções divergentes, reduzindo a velocidade no trecho seguinte, convertendo a redução de parte da pressão dinâmica resultante em ganho de pressão estática. A parcela da redução da pressão dinâmica creditada como recuperação estática é definida pelo projetista.

Uma descrição do método pode ser encontrada na Referência Bibliográfica [5].

10.2.3.2 O método leva a dimensões excessivas de trechos de dutos e apresenta resultados práticos incertos e não reduz a necessidade de dispositivos de regulagem das vazões, não sendo recomendado seu uso.

10.2.4 Método T de otimização

10.2.4.1 É um método iterativo que procura minimizar o custo total do sistema ao longo de sua vida útil. Considera o custo inicial dos dutos, o custo anual da energia aos valores atuais, as horas anuais de operação, o período de amortização e as taxas de inflação e de juros previstas. O método requer o uso de um programa de computador.

Uma descrição do método pode ser encontrada na Referência Bibliográfica [5].

10.2.4.2 O uso do método é facultativo. Em sistemas de grande porte, com alto custo dos dutos e consumo de energia dos ventiladores, o uso do método pode ser justificado.

10.3 Tipos e materiais de dutos

10.3.1 Dutos metálicos

10.3.1.1 Dutos metálicos devem ser construídos de chapa de aço galvanizada grau B, com revestimento de 250 g/m^2 de zinco, conforme ABNT NBR 7008. Outros metais podem ser estipulados pelo projetista, que deve especificar os requisitos de qualidade e as normas a serem obedecidas. Devem ser exigidos materiais de primeira qualidade, fornecidos com certificado de origem e de ensaios estipulados nas normas aplicáveis.

10.3.1.2 As especificações contidas na Seção 10 se aplicam a sistemas de condicionamento de ar e sistemas de ventilação e exaustão geral destinada à renovação de ar.

10.3.1.3 Os dutos de sistemas de exaustão localizada para condução de ar contaminado com gordura, devem atender à ABNT NBR 14518.

10.3.1.4 Os dutos de sistemas de exaustão de fumaça e sistemas de exaustão em processos industriais devem atender às Normas específicas.

10.3.2 Dutos flexíveis

10.3.2.1 Os dutos flexíveis devem ser fabricados com laminado de poliéster com alumínio ou outro polímero com propriedades equivalentes, e suas propriedades dimensionais e mecânicas devem obedecer à EN 13180.

10.3.2.2 Os dutos flexíveis devem ser instalados de forma a permitir sua retirada para limpeza e reinstalação, com facilidade.

10.3.2.3 Os dutos flexíveis devem ser instalados, conforme orientação do fabricante, sem excesso de comprimento, sem atravessar instalações ou acessórios de alta temperatura, sem serem exposto às intempéries ou dobrados na saída dos colarinhos, de forma mais retilínea possível.

10.3.3 Dutos de materiais fibrosos

10.3.3.1 Dutos de material fibroso podem ser utilizados, exceto nas seguintes situações:

a) instalação ao tempo;

b) enterrados ou embutidos em concreto;

c) pressão de trabalho normal ou ocasional superior a 500 Pa e velocidade do ar superior a 14 m/s;

d) em colunas de mais de dois pavimentos;

e) onde houver possibilidade de condensação no duto;

f) onde houver risco de condensação na superfície externa desprovida de barreira de vapor;

g) em trechos de penetrações com registro corta-fogo ou fumaça;

h) em trechos adjacentes a aquecedores elétricos de alta temperatura;

i) em sistemas de qualquer tipo desprovido de controle da temperatura máxima.

10.3.3.2 Dutos de material fibroso devem ser construídos de painéis semi-rígidos de fibras aglomeradas com resinas sintéticas, revestidas externamente por barreira de vapor. A superfície interna deve ser revestida para impedir o desprendimento fibras ou partículas e permitir limpeza.

10.3.3.3 Os dutos de material fibroso devem atender ao descrito em 7.6.8 nos requisitos quanto à proteção contra incêndio.

10.3.4 Outros materiais

Dutos de outros materiais não estão abrangidos no escopo nesta Parte da ABNT NBR 16401.

10.4 Especificações gerais

10.4.1 Classe de pressão

10.4.1.1 O projeto deve definir a classe de pressão do duto, que representa a máxima pressão interna em pascal (positiva ou negativa), inclusive sobre pressão ocasional, que possa ocorrer em condições normais de operação.

10.4.1.2 As classes de pressão consideradas nesta Parte da ABNT NBR 16401 são: 125, 250, 500, 750, 1 000, 1 500, 2 500, conforme Tabela 1.

Tabela 1 — Classes de pressão

Classe de pressão	Pressão estática de operação
125	Até 125 Pa
250	Acima de 125 Pa até 250 Pa
500	Acima de 250 Pa até 500 Pa
750	Acima de 500 Pa até 750 Pa
1 000	Acima de 750 Pa até 1 000 Pa
1 500	Acima de 1 000 Pa até 1 500 Pa
2 500	Acima de 1 500 Pa até 2 500 Pa

10.4.1.3 A classe de cada trecho de duto deve ser indicada nos desenhos. Não havendo indicação, deve ser assumido que a classe é 250, exceto nos trechos a montante das caixas VAV em sistemas de vazão variável, em que deve ser assumida a classe 500.

10.4.2 Vazamentos em dutos

O nível de selagem exigido e o vazamento admissível nos dutos devem ser estipulados no projeto, e o dimensionamento da vazão do ventilador e da rede de dutos deve levar em consideração a taxa de vazamento assumida pelo projetista.

A definição do vazamento admissível depende de análise de risco, consumo de energia, custo de fabricação, montagem e controle da qualidade, entre outros fatores que devem ser avaliados pelo projetista e seu cliente.

10.4.2.1 Selagem

A selagem aplicada aos dutos deve ser suficiente para atender à classe de vazamento conforme Tabela 2.

Todas as derivações, conexões a equipamentos, caixas plenum, registros e terminais, tampas de acesso e a outras singularidades devem ter o mesmo tratamento de selagem utilizado nos dutos.

A seleção do material de selagem deve considerar a durabilidade do material e a possibilidade de vibrações ou movimentos das partes seladas. O material de selagem deve ter uma composição química que não ataque a chapa do duto nem interfira no ambiente beneficiado pelo sistema de ar-condicionado como no caso de processos industriais. A efetividade da selagem depende da qualidade de execução dos dutos e do cuidado na aplicação da selagem.

10.4.2.2 Limites de vazamento

O projeto deve determinar o limite de vazamento admissível, expresso em termos de classe de vazamento. A Tabela 2 recomenda as classes de vazamento a serem adotadas de acordo com aplicação.

O limite de vazamento admissível para os dutos depende de análise de risco, consumo de energia, custo de fabricação, montagem e controle da qualidade, entre outros fatores que devem ser avaliados pelo projetista e seu cliente. Deve ser levado em consideração no estudo psicrométrico pelo projetista, no dimensionamento da vazão do ventilador, bem como na qualidade da rede de dutos.

Tabela 2 — Recomendação de classe de vazamento de acordo com a aplicação

Aplicação	Classe máxima de vazamento	Amostragem para ensaio por área de superfície planificada de duto
Duto no Ambiente	17	20 % a 30 %
Duto sobre o forro	17	20 % a 30 %
Duto externo ao ambiente condicionado	8	20 % a 30 %
Duto dentro de ambiente condicionado de outra zona	17	20 % a 30 %
Com filtragem fina	8	50 %
Áreas estéreis/baixa umidade relativa < 45 %	4	100 %

A classe de vazamento C_L é definida como o vazamento em mililitros por segundo por metro quadrado de superfície do duto, quando o diferencial de pressão entre o duto e o ambiente é de 1 Pa. É expressa pela fórmula:

$$C_L = 1000\, Q / \Delta P_S{}^{0,65}$$

Onde:

Q é a taxa de vazamento, em litros por segundo por metro quadrado de superfície de duto

ΔP_s é a diferencial de pressão entre o duto e o ambiente, em pascal.

A título de exemplo:

A classe C_L = 8 admite uma taxa de vazamento de:

$Q = (8 \times 250^{0,65}) / 1000 = 0,29$ L/s.m² em duto com ΔP_s = 250 Pa

$Q = (8 \times 500^{0,65}) / 1000 = 0,45$ L/s.m² em duto com ΔP_s = 500 Pa.

Dutos ovalados e circulares com emendas cravadas em espiral não precisam ter estas emendas seladas, por apresentarem vazamentos desprezíveis quando corretamente fabricadas. Estes dutos devem, a critério do projetista, ser ensaiados na fábrica de acordo com o estipulado em 10.4.2.3, antes de liberados para a instalação, devendo ser recusados se apresentarem classe de vazamento superior à exigida no projeto.

Considerar ainda que é necessário implantar um sistema de controle da qualidade da construção e montagem dos dutos com fiscalização por profissionais qualificados pois uma execução descuidada dos dutos e da selagem pode resultar em vazamentos muito maiores que os indicados.

Os dados indicados se referem apenas aos vazamentos nos dutos. Não são considerados os vazamentos em equipamentos.

10.4.2.3 Ensaios

Recomenda-se que o projeto estipule a exigência de realização de ensaios de vazamentos como condição de aceitação da rede de dutos. Os ensaios podem ser exigidos para o conjunto da rede ou para partes da rede. Devem ser realizados de acordo com o manual SMACNA *Air duct leakage test* manual.

A pressão do ensaio de vazamento dos dutos não modifica a sua Classe de vazamento. A escolha da pressão para execução do ensaio deve levar em conta a capacidade do equipamento de ensaio com relação ao tamanho do trecho a ser ensaiado e a Classe de Pressão do Duto.

A pressão de ensaio não deve exceder a Classe de Pressão de construção do duto.

10.5 Singularidades

10.5.1 As configurações que determinam os coeficientes de perdas localizadas das singularidades assumidos no cálculo das perdas de carga, tais como veios direcionadores nas curvas e cotovelos, o raio mínimo das curvas, o tipo e ângulo das derivações, o ângulo das transformações e outras, devem ser definidas pelo projetista e indicadas no projeto a fim de garantir sua correta execução.

10.5.2 Singularidades mais complexas e trechos de dutos de difícil execução devem ser individualmente detalhados nos desenhos.

10.6 Dispositivos de regulagem

10.6.1 Nas bifurcações divergentes ou convergentes é recomendável prover um registro de regulagem de vazão inserido em cada um dos ramais ao invés de *splitter* na bifurcação.

10.6.2 Em princípio a distribuição correta do ar deve ser obtida no projeto, pela alocação apropriada da perda de carga nos ramais, servindo os registros de regulagem manuais apenas para pequenos ajustes. O uso de registros que necessitem ser fechados em mais de 50 % de seu curso deve ser evitado, principalmente nas imediações de bocas de ar, por produzirem ruído excessivo difícil ou impossível de se controlar.

10.6.3 Registros de regulagem de vazão de ar devem ser do tipo de lamelas múltiplas de ação oposta. Devem ser dimensionados com autoridade suficiente para responder adequadamente ao dispositivo de controle.

10.7 Registros corta-fogo e fumaça

10.7.1 Os registros corta-fogo e corta-fumaça devem ser construídos e qualificados de acordo com as UL 555, UL 555 S ou DIN 4102 – Part 6 e selecionados para as condições de velocidade do ar e de pressão no ponto de instalação e para resistência ao fogo igual ou superior à da compartimentação protegida.

10.7.2 Devem ser instalados nas interseções ou terminais entre dutos e todos os pisos, paredes e divisões, a fim de evitar a quebra da compartimentação definida pelo projeto de prevenção de incêndio da edificação.

10.7.3 Os dispositivos de acionamento dos registros devem ser selecionados e dimensionados para permitir o atendimento aos procedimentos programados na estratégia de proteção e combate contra incêndio, bem como para o funcionamento e a sinalização nas condições operacionais a que forem submetidos.

10.7.4 Os registros corta-fogo e corta-fumaça devem ser mostrados nos desenhos e listados, com todas suas especificações, na documentação do projeto.

10.7.5 Estipular que a instalação dos registros deve obedecer às recomendações da SMACNA – *Fire, smoke and radiation dampers guide for HVAC systems.*

10.8 Isolação térmica

10.8.1 Os dutos metálicos devem ser isolados termicamente para reduzir ganhos ou perdas de calor do ar conduzido, e evitar a condensação em sua superfície. A isolação de dutos que conduzam ar frio, utilizando material fibroso de células abertas ou semifechadas deve ser provida de barreira de vapor para evitar a formação de condensação intersticial. Dispensa-se o uso de barreira de vapor quando o material isolante for de células fechadas com fator de resistência a difusão de vapor de água $\mu \geq 2\ 500$, conforme a UNE - 92106.

10.8.2 Os dutos construídos de material fibroso apresentam geralmente isolação térmica adequada. Quando conduzem ar frio devem ser providos de barreira de vapor.

10.8.3 Os dutos de retorno e os dutos de insuflação que correm dentro dos recintos condicionados não precisam ser isolados. No caso de dutos de insuflação com ramal, muito extenso dentro do recinto condicionado, é recomendável corrigir a repartição do ar entre as bocas deste ramal, a fim de compensar a elevação ou redução da temperatura do ar ao longo do ramal.

10.8.4 O material, a espessura e a condutividade térmica do isolante térmico devem ser estipulados pelo projetista. Os trechos isolados devem ser assinalados nos desenhos. A utilização indevida de dispositivos de suporte e fixação tais como cintas e abraçadeiras, não deve reduzir a espessura do isolante.

10.8.5 O material de isolação deve apresentar características específicas mínimas que garantam o desempenho e a integridade de todo sistema:

— atender ao descrito em 7.6.8 nos requisitos quanto à proteção contra incêndio;

— não conter ou utilizar gás CFC no processo produtivo, nem materiais que contribuam para o efeito estufa;

— não conter asbestos ou substâncias nocivas ao meio ambiente.

10.9 Tratamento acústico

Uma vez dimensionada a rede de dutos, deve-se calcular o nível de pressão sonora resultante nos recintos, considerando a potência sonora do ventilador, que deve ser informada pelo fabricante, a atenuação sonora natural ao longo dos diversos ramais e as características acústicas dos recintos. Um método de cálculo pode ser encontrado na Referência Bibliográfica [6].

10.9.1 Caso o cálculo indique que o nível de ruído é ultrapassado ao recomendado em determinados recintos, deve-se estipular a instalação de revestimento acústico nos ramais afetados, ou de atenuador de ruído.

10.9.2 Deve-se dar particular atenção ao ruído de baixa freqüência produzido por ventiladores centrífugos, mais difícil de se controlar.

10.9.3 O projeto de tratamento acústico de sistemas críticos que exijam nível de ruído inferior a NC 30 deve ter a assistência de um especialista.

10.9.4 O material do revestimento acústico e os atenuadores de ruído devem obedecer ao estipulado em 7.6.8 e aos requisitos referentes à qualidade do ar estipulados na ABNT NBR 16401-3.

10.9.5 Os trechos com revestimento acústico interno devem ser assinalados nos desenhos. As dimensões dos dutos indicadas devem ser as da passagem do ar, considerando a espessura do revestimento interno.

11 Distribuição de ar – Construção dos dutos

O projeto de detalhamento dos dutos para construção é de responsabilidade da empresa instaladora, obedecendo estritamente às especificações e desenhos de projeto e ao estipulado em 11.1 e 11.2.

11.1 Dutos metálicos

11.1.1 A espessura da chapa, o tipo e dimensionamento das emendas, das juntas transversais, dos reforços e suportes devem ser determinados como o estipulado no Anexo B para os dutos mais usuais, de acordo com a classe de pressão indicada no projeto para cada trecho de duto, observados o nível de selagem e a classe de vazamento projetados para o sistema. No caso de ser adotado material, classe de pressão e dimensões não estipulados no referido Anexo, devem ser adotadas as recomendações do manual SMACNA – *HVAC duct construction standards.*

11.1.2 Na ausência de detalhes específicos mostrados nos desenhos de projeto, as singularidades devem ser projetadas pela empresa instaladora, a seu critério, de acordo com as recomendações do manual SMACNA – *HVAC duct construction standards.*

11.2 Dutos de material fibroso

Os dutos de material fibroso devem ser construídos de acordo com as recomendações do manual SMACNA – *Fibrous glass duct construction standards.*

12 Instalações da água gelada, água quente e água de condensação

12.1 Critérios de projeto

12.1.1 As tubulações em circuitos abertos contendo água devem ser projetadas de modo a garantir que não ficarão com água parada em seu interior por um período superior a 7 dias consecutivos, para reduzir o risco de proliferação de microorganismos.

12.1.2 A vazão de água do sistema depende do diferencial de temperatura requerido nos trocadores de calor: um diferencial maior reduz a vazão de água, o custo da tubulação e a potência de bombeamento, porém pode aumentar o custo do trocador. Recomenda-se adotar o maior diferencial de temperatura condizente com uma seleção econômica de cada trocador e não um diferencial arbitrário uniforme para toda a rede.

12.1.3 Recomenda-se projetar o sistema para operar em vazão variável, adotando válvulas de controle de dua vias. Válvulas de controle de três vias podem ser usadas em sistemas de pequeno porte, com trocadores de calor situados à proximidade da central e potência de bombeamento até 3,75 kW.

12.1.4 Os limites de velocidade da água são determinados por considerações de custo das tubulações, ruído e erosão. As Tabelas 3 e 4 indicam alguns valores recomendados.

Tabela 3 — Velocidades econômicas recomendadas

Aplicação	Velocidade m/s
Recalque de bombas	2,4 a 3,6
Sucção de bombas	1,2 a 2,1
Geral	1,5 a 3,5

Tabela 4 — Velocidade máxima recomendada para minimizar a erosão

Horas por ano de operação normal	Velocidade máx. m/s
1 500	4,6
2 000	4,4
3 000	4,0
4 000	3,7
6 000	3,0

12.2 Dimensionamento

12.2.1 Nos sistemas com controle em vazão de água variável, deve-se aplicar um fator de diversificação para efeito de dimensionamento da bomba e de alocação da vazão de água nos troncos e ramais principais da rede.

12.2.2 Deve-se proceder ao dimensionamento preliminar da tubulação, adotando um coeficiente de perda de carga por fricção no tubo reto e um limite para a velocidade da água.

Dados que relacionam o diâmetro do tubo com a velocidade da água e a perda de carga por metro linear de tubo reto podem ser encontrados na Referência Bibliográfica [7].

Os dados publicados são geralmente válidos para tubos novos de aço-carbono. Após anos de uso em circuito aberto, estes tubos apresentam rugosidade interna e perdas por fricção muito maiores, o que deve ser considerado no dimensionamento de redes abertas de água de condensação.

Dados para tubos de outros materiais são disponíveis na literatura ou junto aos fabricantes.

12.2.3 Os parâmetros de dimensionamento devem ser escolhidos pelo projetista visando um equilíbrio aceitável entre o custo da rede e o consumo de energia.

Uma relação da energia elétrica consumida no bombeamento para a energia térmica transportada de 0,04 kW/kW é desejável, porém nem sempre viável por resultar em custo excessivo da rede.

Um critério freqüentemente adotado, que resulta em rede com perda de carga e custo moderados, consiste em limitar a velocidade em 1,2 m/s para tubos com diâmetro de até 50 mm e a perda por fricção em 400 Pa/m para tubos maiores que 50 mm.

12.2.4 As perdas de carga da rede devem ser calculadas, considerando as perdas nas válvulas e singularidades, geralmente expressas em termos de metros de tubo reto equivalente, e a perda nos trocadores de calor.

12.2.5 Para tubulações que conduzem solução de água com anticongelante, os coeficientes de perda de carga e a potência de bombeamento devem ser corrigidos em função da viscosidade e da massa específica da solução.

12.2.6 O dimensionamento preliminar da rede, como estipulado em 12.2.2, deve ser revisado e otimizado a fim de:

— procurar reduzir a perda de carga do sistema, aumentando o diâmetro de determinados trechos, principalmente os de pequeno diâmetro no fim dos ramais;

— avaliar a possibilidade de revisar a seleção de trocadores com alta perda de carga situados no circuito crítico;

— procurar equilibrar a perda de carga dos diversos ramais, aumentando a velocidade nos ramais próximos à bomba, de menor perda de carga.

Esta otimização, além de melhorar o desempenho do sistema e facilitar a regulagem em campo, pode resultar em importante economia de energia, sem aumento sensível, ou até com redução do custo da instalação.

Só é viável, no entanto, realizá-la com o auxílio de um programa de computador especializado.

12.3 Materiais

12.3.1 O material das tubulações é geralmente aço-carbono, preto ou galvanizado. O projeto deve estipular as normas a serem obedecidas e a classe de pressão da tubulação e das conexões.

12.3.2 Outros materiais podem ser estipulados a critério do projetista, tais como cobre, policloreto de vinila (PVC) e outros, desde que satisfaçam as condições de pressão e temperatura estipuladas no projeto.

12.3.3 Devem ser estipulados no projeto o tipo e a classe de pressão das válvulas e registros e as normas a serem obedecidas.

12.4 Projeto da rede hidráulica

12.4.1 Devem ser previstos no projeto e indicados nos desenhos os pontos e dispositivos para as medições, ajustes e balanceamento da rede, como estipulado em 16.2.1.

12.4.2 As interligações da rede aos equipamentos, devem ser previstas conexões flexíveis ou flexibilidade da tubulação nas imediações dos equipamentos, de forma a evitar a transferência do peso ou de esforços de torção da tubulação ao equipamento, e a transmissão de vibrações do equipamento à tubulação.

12.4.3 As tubulações e válvulas de controle não devem obstruir ou dificultar o acesso aos equipamentos a que são conectados.

12.4.4 Devem ser previstos meios de desconectar os equipamentos da rede e, a critério do projetista, de isolar partes da rede para reparos ou substituição.

12.4.5 Deve-se prever a compensação da dilatação da tubulação, particularmente em longos trechos retos e em tubulações que conduzam água quente ou alternadamente água gelada e quente, instalando juntas de expansão ou flexibilidade na tubulação, com pontos de ancoragem apropriados.

12.4.6 Nas tubulações em circuito fechado deve-se instalar um tanque de compensação para acomodar a dilatação da água. Recomenda-se conectar o tanque o mais perto possível da sucção da bomba e, no caso de tanque aberto à atmosfera, localizá-lo no ponto mais alto da tubulação. Não deve haver mais de um tanque por sistema fechado, qualquer que seja sua extensão.

12.4.7 Havendo a necessidade de instalação de umidificador na instalação, este deve atender à ABNT NBR 16401-3.

12.4.8 O projeto deve estipular a necessidade de se implantar um sistema de tratamento de água especificado por especialista, de acordo com as condições locais da água e de uso da instalação.

12.5 Detalhamento para execução

Cabe à empresa instaladora a elaboração dos detalhes de execução das tubulações, tais como: as conexões aos equipamentos; o tipo de suporte, localização e dimensionamento; os pontos e dispositivos de expurgo de ar; os drenos e outros, obedecendo aos requisitos estipulados no projeto.

12.6 Isolação térmica

12.6.1 Devem ser isoladas termicamente as tubulações de suprimento e retorno de água gelada e água quente para reduzir ganhos ou perdas de calor e evitar a condensação superficial no caso de água gelada. A isolação de tubos que conduzem água gelada, utilizando material fibroso de células abertas ou semifechadas, deve ser provida de barreira de vapor para evitar a formação de condensação intersticial. Dispensa-se o uso de barreira de vapor quando o material isolante for de células fechadas com fator de resistência a difusão de vapor de água $\mu \geq 2\ 500$, conforme a UNE-92106.

12.6.2 Para tubulações que conduzam alternadamente água gelada ou quente, deve-se adotar a espessura requerida para as condições mais exigentes.

12.6.3 A tubulação de água de condensação só deve ser isolada nas partes que constituem um sistema de recuperação do calor de condensação.

12.6.4 Todos os acessórios e singularidades da rede (válvulas, filtros, conexões e pontos de contato com suportes) devem ter o mesmo nível de isolação térmica que a tubulação. A utilização indevida de dispositivos de suporte e fixação, tais como cintas e abraçadeiras, não deve reduzir a espessura do isolante

12.6.5 O material de isolação, com a condutividade térmica exigida, deve ser estipulado pelo projetista. Os trechos isolados, o material e a espessura da isolação requerida devem ser assinalados nos desenhos.

12.6.6 O material de isolação deve apresentar características específicas mínimas que garantam o desempenho e a integridade de todo o sistema:

— atender ao descrito em 7.6.8 nos requisitos quanto à proteção contra incêndio;

— não conter ou utilizar gás cloro flúor carbono (CFC) no processo produtivo, nem materiais que contribuam para o efeito estufa;

— não conter asbestos ou substâncias nocivas ao meio ambiente.

13 Linhas frigoríficas

13.1 As linhas frigoríficas que interligam as unidades internas e externas dos sistemas *split* e *multi-split* devem ser executadas e instaladas em estrita obediência às instruções do fabricante, referentes ao dimensionamento das tubulações, comprimentos equivalentes, desníveis máximos, carga de refrigerante e isolação térmica.

13.2 Interligações no campo de condicionadores divididos de maior porte, de condensadores remotos ou de sistemas de expansão direta montados no campo devem ser realizadas de acordo com a técnica convencional dos sistemas frigoríficos, que está fora do escopo desta Parte da ABNT NBR 16401. Informações detalhadas a respeito podem ser encontradas na Referência Bibliográfica [8].

14 Instalações elétricas

14.1 O projeto e a execução da rede elétrica devem obedecer ao estipulado na ABNT NBR 5410 para as instalações em baixa tensão e na ABNT NBR 14039 para as instalações em média tensão.

14.2 Os circuitos de comando e sinalização devem ser em baixa tensão, em 24 VAC, 48 VAC, 110 VAC ou 220 VAC ou 24 VCC.

14.3 Tendo em vista possibilitar a medição e a monitoração centralizada do consumo de energia elétrica do sistema de ar-condicionado, recomenda-se que o sistema seja suprido em energia a partir de um quadro geral de distribuição provido de pontos que permitam a instalação de dispositivos de medição na entrada do alimentador.

14.4 Havendo mais de um sistema de ar-condicionado, prever um quadro de distribuição independente para cada sistema, de modo a permitir a medição de energia individual de cada sistema.

14.5 Recomenda-se que pequenas unidades *split* ou *fan-coil*, caixas VAV providas de ventilador de recirculação e outros componentes do sistema dispersos na edificação, sejam alimentados a partir do quadro de distribuição do sistema e não ligados a circuitos de iluminação ou outros existentes na edificação.

14.6 Quando a distância entre os componentes do sistema torna inviável um quadro de distribuição único, pode-se prever o uso de vários quadros elétricos, cada um provido de ponto que permita a instalação de dispositivo de medição de energia na entrada do alimentador, como nos exemplos a seguir:

a) sistema com central de água gelada - Quadro de distribuição elétrica alimentando todos os componentes do sistema, inclusive as torres de resfriamento de água. No caso desta estar localizadas à distância, é facultado o uso de um quadro secundário próximo a elas, porém, alimentado a partir do quadro de distribuição principal;

b) sistemas com unidades autônomas - Devem-se prever quadros de distribuição para as unidades de tratamento de ar ou condicionadores compactos que compõem o sistema, de acordo com sua localização na edificação.

15 Controles e automação

15.1 Os circuitos de controle convencionais com contatores e relês podem ser substituídos por controladores eletrônicos programáveis tipo CLP (Controlador Lógico Programável), respeitados os limites de tensão, isolamento elétrico e capacidade de condução de corrente dos dispositivos de manobra e comutação.

15.2 Quando a edificação dispuser de sistema de automação predial, a interligação, com o sistema supervisório dos quadros de controle e controladores dedicados instalados em equipamentos como grupos resfriadores de água e condicionadores unitários, devem ser através de rede de comunicação de dados com utilização de protocolo de comunicação aberto, preferencialmente *BACNET* ou *MODBUS.*

16 Ensaios e aprovação

16.1 Procedimento

A sigla TAB do inglês *Testing, Adjusting and Balancing*, é utilizada correntemente para identificar os trabalhos relacionados nesta Seção.

16.1.1 Para garantir que cada parte da instalação seja executada e opere de acordo com os objetivos e requisitos do projeto devem ser exigidos no projeto a realização de um procedimento planejado e documentado de inspeções, ensaios, ajustes e regulagens antes do uso operacional da instalação.

NOTA Eventuais ensaios/inspeções de componentes, exigidos para comprovação da conformidade com as condições de compra, são normalmente de responsabilidade do fornecedor do componente.

16.1.2 Os serviços devem ser executados de acordo com os métodos e diretrizes do manual SMACNA – HVAC *Systems Testing, Adjusting and Balancing*, ou da ANSI/ASHRAE 111, sob a responsabilidade de profissional ou entidade de reconhecida especialização, independente do responsável pela instalação dos sistemas e sob a supervisão da fiscalização do contratante.

16.1.3 É recomendável que o profissional ou a entidade responsável pelos serviços tenha a possibilidade de acompanhar o desenvolvimento do projeto, a fim de sugerir a inclusão de detalhes ou dispositivos que facilitem os ajustes e regulagens no campo.

16.1.4 Quando necessário, o projeto deve especificar ensaios complementares para condições adequadas de ocupação, condição climática e carga térmica interna caso haja previsão de que os ensaios finais sejam realizados com os ambientes não ocupados ou com condição de carga térmica que não seja suficiente para a comprovação do desempenho da instalação.

16.2 Requisitos específicos de projeto

16.2.1 Para permitir o apropriado balanceamento da instalação, o projeto deve especificar e mostrar nos desenhos reguladores de vazão de ar e válvulas com autoridade sobre o fluxo, bem como locais de medição nos dutos de ar e tubulações cuidadosamente planejados para permitir que as leituras sejam feitas com ótima exatidão e em conformidade com boas práticas de metrologia.

16.2.2 O projeto deve especificar o critério para aceitação de desvios dos requisitos do projeto como, por exemplo: dados dimensionais, vazão de ar, vazão de água, pressão de ambientes, perda de carga de filtros e demais parâmetros que sejam importantes para caracterizar a qualidade da instalação e o seu desempenho.

16.2.3 Para a vazão de ar em aplicações não críticas, recomendam-se tolerâncias de ± 10 % para elementos terminais e ramais individuais, e tolerâncias de ± 5 % para dutos principais.

16.2.4 Para aplicações críticas onde as pressões diferenciais entre ambientes devem ser mantidas recomenda-se:

Zonas positivas: Insuflação (0 % a +10 %), Exaustão e retorno de ar (0 % a -10 %)

Anexo A
(normativo)

Dados climáticos de projeto

A.1 Apresentação dos dados

Este Anexo estipula, para efeito de dimensionamento do sistema, os dados climáticos de projeto relativos a um dia típico do mês mais quente e do mês mais frio do ano apresentados no formato da Tabela A.1.

Tabela A.1 — Formato das tabelas de dados e legenda

Estado	Cidade	Latitude	Longit.	Altitude	Pr.atm	Período	Extrem. anuais	TBU	TBSmx	s	TBSmn	s

Mês>Qt	Freq. anual	Resfriamento e desumidificação				Baixa umidade			Mês>Fr	Freq. anual	Aquec.	Umidificação		
		TBS	TBUc	**TBU**	TBSc	**TPO**	**w**	TBSc			**TBS**	**TPO**	**w**	TBSc
	0,4%									99,6%				
ΔTmd	1%									99%				
	2%													

Legenda

Pr atm	Pressão atmosférica padrão no local (kPa)
Período	Período das observações meteorológicas (ano inicial/ano final}
Extrem. anuais	Media das temperaturas extremas anuais e desvio-padrão (s)
Mês > Q	Mês no período com a maior média das temperaturas máximas
ΔTmd	Variação média da temperatura diária no mês mais quente
Mês > F	Mês no período com a menor média das temperaturas mínimas
Freqüência anual	Porcentagem do total das horas do ano em que as temperaturas de projeto indicadas serão provavelmente ultrapassadas
TBS, TBU, TPO	Temperaturas (máx. ou mín.) de projeto, de bulbo seco, bulbo úmido e ponto de orvalho
TBSc,TBUc	Temperaturas de projeto coincidentes, de bulbo seco, bulbo úmido
w	Umidade absoluta (g/kg de ar seco)

Fonte: ASHRAE Fundamentals *Handbook* 2005 chap. 28 – *Climatic design information.*

A.2 Geração de dados para as 24 horas do dia de projeto

Esta seção estipula um método para gerar um perfil teórico das temperaturas de bulbo seco e bulbo úmido no dia de projeto, que permite avaliar com exatidão aceitável a evolução da carga térmica ao longo das 24 horas do dia. Para a determinação da temperatura horária de bulbo seco - TBS(h), deduzir da TBS de projeto a fração f do DTmd indicada na Tabela A.2. Para a determinação da temperatura horária de bulbo úmido - TBU(h) admite-se que a TPO(h) permanece aproximadamente igual à TPO de projeto ao longo do dia (com limite a temperatura de saturação).

A TPO de projeto é determinada a partir de TBS e TBUc de projeto. A TPO(h) é a TPO de projeto ou a TBS(h), se esta for menor que a TPO de projeto (condição de saturação, quando a TBS, a TPO e a TBU se igualam). As demais propriedades do ar podem ser determinadas aplicando as equações do ar úmido ou consultando uma carta psicrométrica para a altitude da localidade.

Tabela A.2 — Fração da variação média diária da temperatura ΔTmd

hora	**f**	**hora**	**f**	**hora**	**f**
01	0,87	09	0,71	17	0,10
02	0,92	10	0,56	18	0,21
03	0,96	11	0,39	19	0,34
04	0,99	12	0,23	20	0,47
05	1,00	13	0,11	21	0,58
06	0,98	14	0,03	22	0,68
07	0,93	15	0,00	23	0,76
08	0,84	16	0,03	24	0,82

Fonte: ASHRAE Fundamentals *Handbook* 2005 chap. 28 – *Climatic design information.*

A.3 Tabelas de dados

Os dados de projeto para 34 cidades brasileiras, agrupadas por região, são listados nas Tabelas A.3 a A.7.

Tabela A.3 — Região Norte

AC	**Rio Branco**			Latitude	Longit.	Altitude	Pr.atm	Período	Extrem.	TBU	TBSmx	s	TBSmn	s
				10,00S	67,80W	143m	99,62	90/01	anuais	31,4	37,7	0,6	11,2	1,9
Mês>Qt	Freq.	Resfriamento e desumidificação				Baixa umidade			Mês>Fr	Freq.	Aquec.	Umidificação		
Out	anual	**TBS**	TBUc	**TBU**	TBSc	**TPO**	**w**	TBSc	Jun	anual	**TBS**	**TPO**	**w**	TBSc
	0,4%	**35,4**	25,1	**27,3**	31,4	**26,2**	**22,1**	28,9		99,6%	**14,0**	**11,3**	**8,5**	17,2
ΔTmd	1%	**34,8**	25,1	**26,9**	31,3	**26,0**	**21,7**	28,7		99%	**16,1**	**13,2**	**9,6**	18,7
10,7	2%	**33,9**	25,2	**26,5**	31,0	**25,3**	**20,8**	28,4						

AM	**Manaus** · Eduardo Gomes			Latitude	Longit.	Altitude	Pr.atm	Período	Extrem.	TBU	TBSmx	s	TBSmn	s
				3,15S	59,98W	84m	100,32	82/01	anuais	33,0	36,7	1,4	20,2	1,1
Mês>Qt	Freq.	Resfriamento e desumidificação				Baixa umidade			Mês>Fr	Freq.	Aquec.	Umidificação		
Set	anual	**TBS**	TBUc	**TBU**	TBSc	**TPO**	**w**	TBSc	Fev	anual	**TBS**	**TPO**	**w**	TBSc
	0,4%	**34,8**	25,9	**27,3**	31,5	**26,2**	**21,8**	29,3		99,6%	**22,0**	**19,2**	**14,1**	28,9
ΔTmd	1%	**34,0**	25,9	**27,0**	31,3	**26,0**	**21,6**	29,2		99%	**22,8**	**20,2**	**15,1**	28,8
8,0	2%	**33,2**	25,8	**26,7**	30,8	**25,5**	**21,0**	28,7						

AM	**Manaus** Ponta pelada			Latitude	Longit.	Altitude	Pr.atm	Período	Extrem.	TBU	TBSmx	s	TBSmn	s
				3,03S	60,05W	2m	101,30	82/01	anuais	34,0	37,6	0,9	19,7	1,6
Mês>Qt	Freq.	Resfriamento e desumidificação				Baixa umidade			Mês>Fr	Freq.	Aquec.	Umidificação		
Set	anual	**TBS**	TBUc	**TBU**	TBSc	**TPO**	**w**	TBSc	Jan	anual	**TBS**	**TPO**	**w**	TBSc
	0,4%	**36,0**	26,5	**28,5**	32,7	**27,8**	**23,8**	30,3		99,6%	**21,8**	**19,0**	**13,8**	28,3
ΔTmd	1%	**35,1**	26,3	**28,0**	32,0	**27,1**	**22,9**	29,3		99%	**21,9**	**19,8**	**14,6**	27,9
10,5	2%	**34,4**	26,1	**27,5**	31,5	**26,9**	**22,5**	29,0						

AP	**Macapá**			Latitude	Longit.	Altitude	Pr.atm	Período	Extrem.	TBU	TBSmx	s	TBSmn	s
				0,03N	51,5W	15m	101,14	86/01	anuais	30,6	35,0	0,5	20,0	4,1
Mês>Qt	Freq.	Resfriamento e desumidificação				Baixa umidade			Mês>Fr	Freq.	Aquec.	Umidificação		
Out	anual	**TBS**	TBUc	**TBU**	TBSc	**TPO**	**w**	TBSc	Mar	anual	**TBS**	**TPO**	**w**	TBSc
	0,4%	**34,0**	26,1	**27,5**	31,5	**26,3**	**21,8**	29,9		99,6%	**22,2**	**20,9**	**15,9**	28,6
ΔTmd	1%	**33,2**	26,0	**26,9**	31,2	**25,8**	**21,2**	29,2		99%	**22,8**	**21,8**	**16,4**	27,6
8,5	2%	**33,0**	26,0	**26,5**	30,9	**25,2**	**20,4**	28,3						

PA	**Belém**			Latitude	Longit.	Altitude	Pr.atm	Período	Extrem.	TBU	TBSmx	s	TBSmn	s
				1,38S	48,48W	16m	101,13	82/01	anuais	31,2	35,2	1,6	20,9	1,3
Mês>Qt	Freq.	Resfriamento e desumidificação				Baixa umidade			Mês>Fr	Freq.	Aquec.	Umidificação		
Nov	anual	**TBS**	TBUc	**TBU**	TBSc	**TPO**	**w**	TBSc	Fev	anual	**TBS**	**TPO**	**w**	TBSc
	0,4%	**33,1**	26,1	**28,0**	30,3	**27,2**	**23,0**	29,5		99,6%	**22,8**	**20,9**	**15,6**	28,7
ΔTmd	1%	**32,8**	25,9	**27,6**	30,2	**27,0**	**22,8**	29,4		99%	**22,8**	**21,8**	**16,4**	26,7
8,2	2%	**32,1**	25,8	**27,2**	30,1	**26,6**	**22,2**	29,0						

PA	**Santarem**			Latitude	Longit.	Altitude	Pr.atm	Período	Extrem.	TBU	TBSmx	s	TBSmn	s
				2,43S	54,72W	72m	100,46	82/01	anuais	32,0	35,6	1,5	20,8	1,6
Mês>Qt	Freq.	Resfriamento e desumidificação				Baixa umidade			Mês>Fr	Freq.	Aquec.	Umidificação		
Out	anual	**TBS**	TBUc	**TBU**	TBSc	**TPO**	**w**	TBSc	Mar	anual	**TBS**	**TPO**	**w**	TBSc
	0,4%	**34,0**	25,5	**26,7**	30,9	**25,7**	**21,1**	28,5		99,6%	**22,6**	**20,2**	**15,0**	29,3
ΔTmd	1%	**33,2**	25,5	**26,5**	30,7	**25,2**	**20,5**	28,2		99%	**22,9**	**20,9**	**15,6**	28,6
7,6	2%	**33,0**	25,5	**26,2**	30,4	**25,1**	**20,4**	28,2						

RD	**Porto Velho**			Latitude	Longit.	Altitude	Pr.atm	Período	Extrem.	TBU	TBSmx	s	TBSmn	s
				8,77S	63,92W	88m	100,27	83/01	anuais	33,6	N/D	N/D	N/D	N/D
Mês>Qt	Freq.	Resfriamento e desumidificação				Baixa umidade			Mês>Fr	Freq.	Aquec.	Umidificação		
Set	anual	**TBS**	TBUc	**TBU**	TBSc	**TPO**	**w**	TBSc	Jul	anual	**TBS**	**TPO**	**w**	TBSc
	0,4%	**35,5**	25,7	**27,7**	32,1	**26,8**	**22,7**	29,7		99,6%	**17,6**	**14,0**	**10,1**	21,3
ΔTmd	1%	**34,8**	25,7	**27,3**	31,7	**26,2**	**21,8**	29,1		99%	**19,2**	**16,1**	**11,5**	22,7
10,4	2%	**34,0**	25,7	**27,0**	31,4	**26,0**	**21,6**	28,9						

RO	**Boa Vista**			Latitude	Longit.	Altitude	Pr.atm	Período	Extrem.	TBU	TBSmx	s	TBSmn	s
				2,83N	60,70W	140m	99,65	82/01	anuais	31,2	N/D	N/D	N/D	N/D
Mês>Qt	Freq.	Resfriamento e desumidificação				Baixa umidade			Mês>Fr	Freq.	Aquec.	Umidificação		
Out	anual	**TBS**	TBUc	**TBU**	TBSc	**TPO**	**w**	TBSc	Jul	anual	**TBS**	**TPO**	**w**	TBSc
	0,4%	**36,2**	25,1	**26,5**	32,3	**25,2**	**20,7**	27,5		99,6%	**22,5**	**17,6**	**12,8**	31,8
ΔTmd	1%	**35,7**	25,0	**26,2**	31,9	**25,1**	**20,5**	27,3		99%	**22,9**	**18,1**	**13,2**	31,5
9,7	2%	**35,1**	24,8	**25,9**	31,6	**24,8**	**20,1**	27,1						

Tabela A.4 — Região Nordeste

AL	Maceió			Latitude	Longit.	Altitude	Pr.atm	Período	Extrem.	TBU	TBSmx	s	TBSmn	s
				9,52S	35,78W	115m	99,95	82/01	anuais	31,2	35,3	2,1	17,4	1,9
Mês>Qt	Freq.	Resfriamento e desumidificação				Baixa umidade			Mês>Fr	Freq.	Aquec.	Umidificação		
Mar	anual	**TBS**	TBUc	**TBU**	TBSc	**TPO**	**w**	TBSc	Ago	anual	**TBS**	**TPO**	**w**	TBSc
	0,4%	**32,6**	25,1	**26,7**	30,0	**26,0**	**21,6**	28,4		99,6%	**19,1**	**17,4**	**12,6**	24,9
ΔTmd	1%	**32,0**	24,8	**26,2**	29,5	**25,2**	**20,6**	27,9		99%	**19,8**	**18,1**	**13,2**	24,1
7,7	2%	**31,3**	24,5	**25,9**	29,2	**25,0**	**20,4**	27,7						

BA	Caravelas			Latitude	Longit.	Altitude	Pr.atm	Período	Extrem.	TBU	TBSmx	s	TBSmn	s
				17,63S	39,25W	4m	101,28	83/94	anuais	30,9	34,6	1,8	14,4	1,0
Mês>Qt	Freq.	Resfriamento e desumidificação				Baixa umidade			Mês>Fr	Freq.	Aquec.	Umidificação		
Fev	anual	**TBS**	TBUc	**TBU**	TBSc	**TPO**	**w**	TBSc	Ago	anual	**TBS**	**TPO**	**w**	TBSc
	0,4%	**31,8**	25,2	**26,2**	29,9	**25,2**	**20,3**	27,4		99,6%	**16,2**	**14,8**	**10,5**	20,3
ΔTmd	1%	**31,2**	25,1	**25,8**	29,4	**24,9**	**20,0**	27,2		99%	**17,2**	**15,8**	**11,2**	20,0
7,8	2%	**30,9**	25,0	**25,6**	29,1	**24,6**	**19,6**	26,9						

BA	Salvador			Latitude	Longit.	Altitude	Pr.atm	Período	Extrem.	TBU	TBSmx	s	TBSmn	s
				12,90S	38,33W	6m	101,25	82/01	anuais	31,8	34,8	2,2	18,6	1,1
Mês>Qt	Freq.	Resfriamento e desumidificação				Baixa umidade			Mês>Fr	Freq.	Aquec.	Umidificação		
Fev	anual	**TBS**	TBUc	**TBU**	TBSc	**TPO**	**w**	TBSc	Ago	anual	**TBS**	**TPO**	**w**	TBSc
	0,4%	**32,7**	26,7	**27,2**	31,1	**26,1**	**21,5**	29,6		99,6%	**20,2**	**17,8**	**12,8**	23,5
ΔTmd	1%	**32,0**	26,3	**26,8**	30,6	**25,9**	**21,2**	29,4		99%	**21,1**	**18,2**	**13,1**	23,6
5,9	2%	**31,2**	25,9	**26,5**	30,2	**25,2**	**20,4**	29,0						

CE	Fortaleza			Latitude	Longit.	Altitude	Pr.atm	Período	Extrem.	TBU	TBSmx	s	TBSmn	s
				3,78S	38,53W	25m	101,03	82/01	anuais	32,6	35,0	2,3	20,6	1,5
Mês>Qt	Freq.	Resfriamento e desumidificação				Baixa umidade			Mês>Fr	Freq.	Aquec.	Umidificação		
Jan	anual	**TBS**	TBUc	**TBU**	TBSc	**TPO**	**w**	TBSc	Ago	anual	**TBS**	**TPO**	**w**	TBSc
	0,4%	**32,2**	25,3	**26,7**	30,0	**26,1**	**21,6**	27,6		99,6%	**22,8**	**17,2**	**12,3**	29,3
ΔTmd	1%	**32,1**	25,3	**26,5**	29,7	**25,8**	**21,2**	27,7		99%	**23,0**	**18,6**	**13,5**	28,9
5,9	2%	**31,9**	25,2	**26,2**	29,4	**25,2**	**20,4**	27,5						

MA	São Luis			Latitude	Longit.	Altitude	Pr.atm	Período	Extrem.	TBU	TBSmx	s	TBSmn	s
				2,60S	44,23W	53m	100,69	84/01	anuais	32,0	35,8	1,8	19,8	3,2
Mês>Qt	Freq.	Resfriamento e desumidificação				Baixa umidade			Mês>Fr	Freq.	Aquec.	Umidificação		
Nov	anual	**TBS**	TBUc	**TBU**	TBSc	**TPO**	**w**	TBSc	Mar	anual	**TBS**	**TPO**	**w**	TBSc
	0,4%	**34,1**	26,3	**27,2**	31,7	**26,2**	**21,7**	29,3		99,6%	**22,8**	**20,2**	**15,0**	28,8
ΔTmd	1%	**33,8**	26,3	**26,9**	31,4	**25,9**	**21,3**	29,1		99%	**23,0**	**21,0**	**15,7**	28,4
7,4	2%	**33,1**	26,1	**26,7**	31,1	**25,3**	**20,6**	28,3						

PE	Fernando de Noronha			Latitude	Longit.	Altitude	Pr.atm	Período	Extrem.	TBU	TBSmx	s	TBSmn	s
				3,85S	32,42W	56m	100,65	82/01	anuais	30,2	35,0	3,2	19,9	2,5
Mês>Qt	Freq.	Resfriamento e desumidificação				Baixa umidade			Mês>Fr	Freq.	Aquec.	Umidificação		
Jan	anual	**TBS**	TBUc	**TBU**	TBSc	**TPO**	**w**	TBSc	Ago	anual	**TBS**	**TPO**	**w**	TBSc
	0,4%	**31,1**	25,7	**26,6**	29,7	**25,7**	**21,1**	28,9		99,6%	**22,9**	**19,8**	**14,6**	25,4
ΔTmd	1%	**30,7**	25,6	**26,2**	29,4	**25,2**	**20,5**	28,4		99%	**23,3**	**20,2**	**14,9**	25,4
4,7	2%	**30,2**	25,4	**26,1**	29,2	**25,1**	**20,4**	28,3						

PE	Recife			Latitude	Longit.	Altitude	Pr.atm	Período	Extrem.	TBU	TBSmx	s	TBSmn	s
				8,07S	34,85W	19m	101,10	82/01	anuais	32,2	35,9	1,6	19,7	1,1
Mês>Qt	Freq.	Resfriamento e desumidificação				Baixa umidade			Mês>Fr	Freq.	Aquec.	Umidificação		
Fev	anual	**TBS**	TBUc	**TBU**	TBSc	**TPO**	**w**	TBSc	Jul	anual	**TBS**	**TPO**	**w**	TBSc
	0,4%	**34,1**	27,1	**27,7**	32,6	**26,2**	**21,7**	30,8		99,6%	**21,5**	**18,8**	**13,7**	25,7
ΔTmd	1%	**33,5**	26,7	**27,2**	32,0	**26,0**	**21,4**	30,6		99%	**21,9**	**19,2**	**14,0**	25,8
6,7	2%	**33,0**	26,4	**26,9**	31,6	**25,5**	**20,7**	30,0						

PI	Teresina			Latitude	Longit.	Altitude	Pr.atm	Período	Extrem.	TBU	TBSmx	s	TBSmn	s
				5,05S	42,82W	69m	100,50	83/01	anuais	32,6	39,5	1,4	19,2	2,0
Mês>Qt	Freq.	Resfriamento e desumidificação				Baixa umidade			Mês>Fr	Freq.	Aquec.	Umidificação		
Out	anual	**TBS**	TBUc	**TBU**	TBSc	**TPO**	**w**	TBSc	Mar	anual	**TBS**	**TPO**	**w**	TBSc
	0,4%	**37,9**	24,7	**26,9**	32,9	**25,4**	**20,7**	28,9		99,6%	**21,8**	**15,2**	**10,9**	33,2
ΔTmd	1%	**37,2**	24,6	**26,9**	32,7	**25,1**	**20,4**	28,8		99%	**22,3**	**16,3**	**11,7**	32,5
12,2	2%	**36,8**	24,6	**26,4**	32,5	**24,9**	**20,2**	28,6						

Tabela A.4 (continuação)

RN	Natal			Latitude	Longit.	Altitude	Pr.atm	Período	Extrem.	TBU	TBSmx	s	TBSmn	s
				5,92S	35,25W	52m	100,70	83/01	anuais	29,9	34,7	2,0	18,3	2,7
Mês>Qt	Freq.	Resfriamento e desumidificação				Baixa umidade			Mês>Fr	Freq.	Aquec.	Umidificação		
Fev	anual	**TBS**	TBUc	**TBU**	TBSc	**TPO**	**w**	TBSc	Jul	anual	**TBS**	**TPO**	**w**	TBSc
	0,4%	**32,2**	25,3	**26,7**	29,7	**26,1**	**21,6**	28,1		99,6%	**21,0**	**15,8**	**11,3**	27,2
ΔTmd	1%	**32,0**	25,3	**26,3**	29,6	**25,6**	**20,9**	27,8		99%	**21,6**	**17,9**	**12,9**	26,4
7,0	2%	**31,6**	25,1	**26,1**	29,5	**25,1**	**20,4**	27,5						

SE	Aracajú			Latitude	Longit.	Altitude	Pr.atm	Período	Extrem.	TBU	TBSmx	s	TBSmn	s
				10,98S	37,07W	9m	101,22	83/01	anuais	29,9	35,4	2,2	18,2	1,3
Mês>Qt	Freq.	Resfriamento e desumidificação				Baixa umidade			Mês>Fr	Freq.	Aquec.	Umidificação		
Fev	anual	**TBS**	TBUc	**TBU**	TBSc	**TPO**	**w**	TBSc	Ago	anual	**TBS**	**TPO**	**w**	TBSc
	0,4%	**32,1**	26,6	**27,3**	30,6	**26,2**	**21,7**	29,5		99,6%	**21,1**	**18,1**	**13,0**	24,4
ΔTmd	1%	**31,8**	26,4	**27,**	30,5	**26,1**	**21,4**	29,5		99%	**21,9**	**18,9**	**13,7**	24,5
5,2	2%	**31,1**	26,2	**26,6**	30,0	**25,8**	**21,1**	29,3						

Tabela A.5 — Região Centro-Oeste

DF	Brasília			Latitude	Longit.	Altitude	Pr.atm	Período	Extrem.	TBU	TBSmx	s	TBSmn	s
				15,87S	47,93W	1061m	89,21	82/01	anuais	26,9	34,2	1,4	7,0	2,7
Mês>Qt	Freq.	Resfriamento e desumidificação				Baixa umidade			Mês>Fr	Freq.	Aquec.	Umidificação		
Out	anual	**TBS**	TBUc	**TBU**	TBSc	**TPO**	**w**	TBSc	Jun	anual	**TBS**	**TPO**	**w**	TBSc
	0,4%	**32,1**	18,0	**21,9**	26,7	**20,8**	**17,6**	23,3		99,6%	**9,8**	**3,0**	**5,3**	24,9
ΔTmd	1%	**31,1**	18,3	**21,5**	26,4	**20,2**	**16,9**	22,6		99%	**11,0**	**4,7**	**6,0**	23,7
11,3	2%	**30,2**	18,6	**21,1**	26,1	**20,0**	**16,7**	22,4						

GO	Anápolis			Latitude	Longit.	Altitude	Pr.atm	Período	Extrem.	TBU	TBSmx	s	TBSmn	s
				16,23S	48,79W	1137	88,39	83/01	anuais	27,3	N/D	N/D	N/D	N/D
Mês>Qt	Freq.	Resfriamento e desumidificação				Baixa umidade			Mês>Fr	Freq.	Aquec.	Umidificação		
Set	anual	**TBS**	TBUc	**TBU**	TBSc	**TPO**	**w**	TBSc	Jun	anual	**TBS**	**TPO**	**w**	TBSc
	0,4%	**31,7**	20,6	**23,8**	27,1	**23,0**	**20,5**	25,3		99,6%	**12,8**	**5,1**	**6,2**	19,0
ΔTmd	1%	**30,7**	20,5	**23,3**	26,7	**22,3**	**19,5**	24,8		99%	**13,9**	**6,9**	**7,1**	19,3
10,7	2%	**29,8**	20,5	**22,9**	26,3	**22,0**	**19,2**	24,6						

GO	Goiânia			Latitude	Longit.	Altitude	Pr.atm	Período	Extrem.	TBU	TBSmx	s	TBSmn	s
				16,63S	49,22W	747m	92,67	82/01	anuais	30,2	36,6	1,0	8,2	1,9
Mês>Qt	Freq.	Resfriamento e desumidificação				Baixa umidade			Mês>Fr	Freq.	Aquec.	Umidificação		
Out	anual	**TBS**	TBUc	**TBU**	TBSc	**TPO**	**w**	TBSc	Jun	anual	**TBS**	**TPO**	**w**	TBSc
	0,4%	**35,0**	20,3	**24,5**	29,8	**23,1**	**19,6**	26,0		99,6%	**11,9**	**4,7**	**5,8**	25,7
ΔTmd	1%	**34,0**	20,7	**24,1**	29,4	**22,9**	**19,3**	25,7		99%	**13,2**	**6,2**	**6,4**	23,8
11,7	2%	**33,1**	20,8	**23,7**	28,9	**22,2**	**18,5**	25,2						

MS	Campo Grande			Latitude	Longit.	Altitude	Pr.atm	Período	Extrem.	TBU	TBSmx	s	TBSmn	s
				20,47S	54,67W	556m	94,82	82/01	anuais	30,0	37,6	2,1	4,6	2,0
MêsQt	Freq.	Resfriamento e desumidificação				Baixa umidade			Mês>Fr	Freq.	Aquec.	Umidificação		
Nov	anual	**TBS**	TBUc	**TBU**	TBSc	**TPO**	**w**	TBSc	Jun	anual	**TBS**	**TPO**	**w**	TBSc
	0,4%	**35,8**	22,6	**26,2**	31,7	**24,9**	**21,4**	28,8		99,6%	**8,1**	**2,2**	**4,7**	13,1
ΔTmd	1%	**34,8**	22,8	**25,7**	31,1	**24,2**	**20,5**	27,8		99%	**10,5**	**4,4**	**5,5**	15,6
10,4	2%	**33,9**	23,0	**25,2**	30,5	**24,0**	**20,2**	27,5						

MT	Cuiabá			Latitude	Longit.	Altitude	Pr.atm	Período	Extrem.	TBU	TBSmx	s	TBSmn	s
				15,65S	56,10W	182m	99,16	82/01	anuais	31,3	N/D	N/D	N/D	N/D
Mês>Qt	Freq.	Resfriamento e desumidificação				Baixa umidade			Mês>Fr	Freq.	Aquec.	Umidificação		
Out	anual	**TBS**	TBUc	**TBU**	TBSc	**TPO**	**w**	TBSc	Jul	anual	**TBS**	**TPO**	**w**	TBSc
	0,4%	**38,0**	23,4	**28,4**	32,1	**27,6**	**24,1**	29,9		99,6%	**12,8**	**7,2**	**6,4**	18,6
ΔTmd	1%	**36,9**	23,5	**27,7**	31,2	**27,0**	**23,2**	29,5		99%	**14,8**	**9,1**	**7,3**	21,9
10,4	2%	**36,0**	23,7	**27,0**	30,3	**26,2**	**22,1**	28,7						

Tabela A.6 — Região Sudeste

ES	Vitória			Latitude	Longit.	Altitude	Pr.atm	Período	Extrem.	TBU	TBSmx	s	TBSmn	s
				20,27S	40,28W	4m	100,28	82/01	anuais	30,6	36,8	1,0	14,3	1,7
Mês>Qt	Freq.	Resfriamento e desumidificação				Baixa umidade			Mês>Fr	Freq.	Aquec.	Umidificação		
Fev	anual	**TBS**	TBUc	**TBU**	TBSc	**TPO**	**w**	TBSc	Ago	anual	**TBS**	**TPO**	**w**	TBSc
	0,4%	**34,0**	25,5	**27,0**	30,1	**26,2**	**21,6**	28,1		99,6%	**16,5**	**12,8**	**9,2**	21,0
ΔTmd	1%	**33,1**	25,2	**26,6**	29,7	**26,0**	**21,3**	28,0		99%	**17,5**	**14,0**	**9,9**	21,2
8,0	2%	**32,2**	25,0	**26,2**	29,4	**25,2**	**20,4**	27,5						

MG	Belo Horizonte Pampulha			Latitude	Longit.	Altitude	Pr.atm	Período	Extrem.	TBU	TBSmx	s	TBSmn	s
				19,85S	43,95W	785M	92,24	82/01	anuais	28,4	N/D	N/D	N/D	N/D
Mês>Qt	Freq.	Resfriamento e desumidificação				Baixa umidade			Mês>Fr	Freq.	Aquec.	Umidificação		
Fev	anual	**TBS**	TBUc	**TBU**	TBSc	**TPO**	**w**	TBSc	Jun	anual	**TBS**	**TPO**	**w**	TBSc
	0,4%	**33,0**	20,7	**23,0**	28,5	**21,9**	**18,3**	24,2		99,6%	**11,5**	**4,9**	**5,9**	22,8
ΔTmd	1%	**32,0**	20,7	**22,6**	28,1	**21,2**	**17,5**	23,6		99%	**12,8**	**6,8**	**6,7**	21,4
9,6	2%	**31,1**	20,7	**22,2**	27,6	**21,0**	**17,2**	23,4						

MG	Belo Horizonte Tancerdo Neves			Latitude	Longit.	Altitude	Pr.atm	Período	Extrem.	TBU	TBSmx	s	TBSmn	s
				19,83S	43,93W	917m	90,78	90/01	anuais	28,4	34,6	0,9	8,4	1,8
Mês>Qt	Freq.	Resfriamento e desumidificação				Baixa umidade			Mês>Fr	Freq.	Aquec.	Umidificação		
Fev	anual	**TBS**	TBUc	**TBU**	TBSc	**TPO**	**w**	TBSc	Ago	anual	**TBS**	**TPO**	**w**	TBSc
	0,4%	**32,1**	20,5	**23,3**	28,2	**22,1**	**18,8**	25,1		99,6%	**11,1**	**4,9**	**6,0**	21,2
ΔTmd	1%	**31,1**	20,8	**22,8**	27,9	**21,2**	**17,8**	24,4		99%	**12,2**	**6,1**	**6,5**	20,3
9,7	2%	**30,2**	20,7	**22,4**	27,5	**21,0**	**17,6**	24,2						

MG	Uberaba			Latitude	Longit.	Altitude	Pr.atm	Período	Extrem.	TBU	TBSmx	s	TBSmn	s
				19,78S	47,97W	807m	92,00	83/01	anuais	29,7	35,9	1,5	6,7	3,0
Mês>Qt	Freq.	Resfriamento e desumidificação				Baixa umidade			Mês>Fr	Freq.	Aquec.	Umidificação		
Out	anual	**TBS**	TBUc	**TBU**	TBSc	**TPO**	**w**	TBSc	Jun	anual	**TBS**	**TPO**	**w**	TBSc
	0,4%	**33,6**	19,3	**23,2**	28,4	**22,1**	**18,5**	24,8		99,6%	**10,5**	**1,8**	**4,7**	22,8
ΔTmd	1%	**32,7**	19,6	**22,8**	28,0	**21,6**	**17,9**	24,3		99%	**12,7**	**3,3**	**5,3**	22,6
10,9	2%	**31,9**	19,9	**22,5**	27,7	**21,1**	**17,4**	23,9						

RJ	Rio de Janeiro Santos Dumont			Latitude	Longit.	Altitude	Pr.atm	Período	Extrem.	TBU	TBSmx	s	TBSmn	s
				22,90S	43,17W	3m	101,29	84/01	anuais	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Mês>Qt	Freq.	Resfriamento e desumidificação				Baixa umidade			Mês>Fr	Freq.	Aquec.	Umidificação		
Fev	anual	**TBS**	TBUc	**TBU**	TBSc	**TPO**	**w**	TBSc	Jul	anual	**TBS**	**TPO**	**w**	TBSc
	0,4%	**34,0**	25,2	**26,6**	30,8	**25,3**	**20,4**	29,1		99,6%	**16,1**	**11,8**	**8,6**	19,5
ΔTmd	1%	**32,7**	25,0	**26,2**	30,3	**25,0**	**20,1**	28,9		99%	**17,0**	**12,9**	**9,3**	19,5
6,1	2%	**31,8**	24,9	**25,8**	29,9	**24,6**	**19,6**	28,4						

RJ	Rio de Janeiro Galeâo			Latitude	Longit.	Altitude	Pr.atm	Periodo	Extrem.	TBU	TBSmx	s	TBSmn	s
				22,82S	43,25W	6m	101,25	82/01	anuais	32,4	40,2	2,2	11,6	3,2
Mês>Qt	Freq.	Resfriamento e desumidificação				Baixa umidade			Mês>Fr	Freq.	Aquec.	Umidificação		
Fev	anual	**TBS**	TBUc	**TBU**	TBSc	**TPO**	**w**	TBSc	Jul	anual	**TBS**	**TPO**	**w**	TBSc
	0,4%	**38,1**	25,6	**28,1**	32,8	**27,1**	**22,9**	30,1		99,6%	**14,8**	**9,9**	**7,6**	23,2
ΔTmd	1%	**36,2**	25,3	**27,5**	32,0	**26,2**	**21,7**	29,3		99%	**15,8**	**11,2**	**8,3**	22,5
9,8	2%	**35,0**	25,2	**27,0**	31,3	**26,0**	**21,4**	29,1						

SP	Campinas			Latitude	Longit.	Altitude	Pr.atm	Período	Extrem.	TBU	TBSmx	s	TBSmn	s
				23,00S	47,13W	661m	9363	82/01	anuais	29,4	35,8	1,4	5,5	2,5
Mês>Qt	Freq.	Resfriamento e desumidificação				Baixa umidade			Mês>Fr	Freq.	Aquec.	Umidificação		
Fev	anual	**TBS**	TBUc	**TBU**	TBSc	**TPO**	**w**	TBSc	Jun	anual	**TBS**	**TPO**	**w**	TBSc
	0,4%	**33,2**	21,9	**24,4**	29,5	**23,1**	**19,3**	26,1		99,6%	**8,6**	**3,9**	**5,4**	16,8
ΔTmd	1%	**32,2**	21,7	**23,8**	28,9	**22,2**	**18,4**	25,3		99%	**10,0**	**5,9**	**6,2**	17,7
9,8	2%	**31,3**	21,5	**23,4**	28,4	**22,0**	**18,1**	25,2						

Tabela A.6 (continuação)

SP	São Paulo Congonhas			Latitude 23,62S	Longit. 46,65W	Altitude 803m	Pr.atm 92,04	Período 82/01	Extrem. anuais	TBU 28,2	TBSmx 34,3	s 0,9	TBSmn 5,8	s 2,5
Mês>Qt	Freq.	Resfriamento e desumidificação				Baixa umidade			Mês>Fr	Freq.	Aquec.	Umidificação		
Fev	anual	**TBS**	TBUc	**TBU**	TBSc	**TPO**	**w**	TBSc	Jul	anual	**TBS**	**TPO**	**w**	TBSc
	0,4%	**32,0**	20,3	**23,2**	27,8	**22,1**	**18,5**	25,3		99,6%	**8,8**	**3,9**	**5,5**	18,4
ΔTmd	1%	**31,0**	20,4	**22,6**	27,1	**21,2**	**17,5**	24,3		99%	**10,0**	**5,8**	**6,3**	17,4
8,3	2%	**30,0**	20,4	**22,1**	26,7	**21,0**	**17,2**	24,0						

SP	São Paulo Guarulhos			Latitude 23,43S	Longit. 46,47W	Altitude 750m	Pr.atm 92,63	Período 88/01	Extrem. anuais	TBU 29,0	TBSmx 34,8	s 1,0	TBSmn 3,4	s 2,8
Mês>Qt	Freq.	Resfriamento e desumidificação				Baixa umidade			Mês>Fr	Freq.	Aquec.	Umidificação		
Jan	anual	**TBS**	TBUc	**TBU**	TBSc	**TPO**	**w**	TBSc	Jul	anual	**TBS**	**TPO**	**w**	TBSc
	0,4%	**32,9**	22,3	**24,9**	28,7	**24,1**	**20,8**	25,8		99,6%	**7,0**	**3,9**	**5,5**	13,5
ΔTmd	1%	**31,8**	22,0	**24,2**	27,9	**23,2**	**19,7**	25,1		99%	**8,9**	**6,0**	**6,3**	14,9
8,9	2%	**30,8**	21,7	**23,7**	27,3	**22,9**	**19,3**	24,9						

Tabela A.7 — Região Sul

PR	Curitiba			Latitude 25,52S	Longit. 49,17W	Altitude 908m	Pr.atm 90,88	Período 82/01	Extrem. anuais	TBU 27,4	TBSmx 32,9	s 1,0	TBSmn -1,4	s 2,0
Mês>Qt	Freq.	Resfriamento e desumidificação				Baixa umidade			Mês>Fr	Freq.	Aquec.	Umidificação		
Jan	anual	**TBS**	TBUc	**TBU**	TBSc	**TPO**	**w**	TBSc	Jul	anual	**TBS**	**TPO**	**w**	TBSc
	0,4%	**30,9**	20,2	**23,2**	26,8	**22,2**	**18,9**	24,3		99,6%	**2,4**	**-1,2**	**3,8**	6,7
ΔTmd	1%	**29,8**	20,2	**22,6**	26,2	**21,7**	**18,3**	23,9		99%	**4,8**	**1,7**	**4,8**	9,3
9,5	2%	**28,7**	20,2	**22,0**	25,6	**21,1**	**17,6**	23,2						

PR	Foz de Iguaçu			Latitude 25,52S	Longit. 54,58W	Altitude 243m	Pr.atm 98,44	Período 85/01	Extrem. anuais	TBU 29,4	TBSmx 37,2	s 0,9	TBSmn 0,1	s 1,9
Mês>Qt	Freq.	Resfriamento e desumidificação				Baixa umidade			Mês>Fr	Freq.	Aquec.	Umidificação		
Jan	anual	**TBS**	TBUc	**TBU**	TBSc	**TPO**	**w**	TBSc	Jul	anual	**TBS**	**TPO**	**w**	TBSc
	0,4%	**35,1**	23,6	**26,1**	31,6	**24,6**	**20,1**	28,7		99,6%	**3,4**	**1,1**	**4,2**	6,3
ΔTmd	1%	**34,1**	23,7	**25,6**	31,1	**24,0**	**19,5**	28,2		99%	**5,8**	**3,1**	**4,9**	8,0
11,1	2%	**33,1**	23,5	**25,1**	30,6	**23,5**	**18,9**	27,7						

PR	Londrina			Latitude 23,33S	Longit. 51,13W	Altitude 570m	Pr.atm 94,66	Período 84/01	Extrem. anuais	TBU 30,2	TBSmx 35,7	s 1,5	TBSmn 3,9	s 2,0
Mês>Qt	Freq.	Resfriamento e desumidificação				Baixa umidade			Mês>Fr	Freq.	Aquec.	Umidificação		
Dez	anual	**TBS**	TBUc	**TBU**	TBSc	**TPO**	**w**	TBSc	Jul	anual	**TBS**	**TPO**	**w**	TBSc
	0,4%	**33,9**	21,7	**25,3**	28,9	**24,4**	**20,7**	26,6		99,6%	**7,2**	**1,2**	**4,4**	13,4
ΔTmd	1%	**32,8**	21,8	**24,7**	28,5	**23,9**	**20,2**	26,2		99%	**9,3**	**3,8**	**5,3**	15,2
10,0	2%	**31,9**	21,9	**24,2**	28,0	**23,2**	**19,3**	25,6						

RS	Porto Alegre			Latitude 30,00S	Longit. 51,18W	Altitude 3m	Pr.atm 101,29	Período 82/01	Extrem. anuais	TBU N/D	TBSmx 37,9	s 1,4	TBSmn 1,6	s 2,4
Mês>Qt	Freq.	Resfriamento e desumidificação				Baixa umidade			Mês>Fr	Freq.	Aquec.	Umidificação		
Jan	anual	**TBS**	TBUc	**TBU**	TBSc	**TPO**	**w**	TBSc	Jul	anual	**TBS**	**TPO**	**w**	TBSc
	0,4%	**34,8**	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D		99,6%	**4,0**	N/D	N/D	N/D
ΔTmd	1%	**33,2**	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D		99%	**5,8**	N/D	N/D	N/D
9,7	2%	**31,8**	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D						

SC	Florianópolis			Latitude 27,67	Longit. 48,55	Altitude 5m	Pr.atm 101,26	Período 82/01	Extrem. anuais	TBU 30,1	TBSmx 35,2	s 1,7	TBSmn 3,4	s 1,9
Mês>Qt	Freq.	Resfriamento e desumidificação				Baixa umidade			Mês>Fr	Freq.	Aquec.	Umidificação		
Fev	anual	**TBS**	TBUc	**TBU**	TBSc	**TPO**	**w**	TBSc	Jul	anual	**TBS**	**TPO**	**w**	TBSc
	0,4%	**32,2**	25,5	**26,6**	30,1	**25,8**	**21,1**	28,5		99,6%	**7,5**	**3,0**	**4,7**	11,3
ΔTmd	1%	**31,0**	25,2	**26,0**	29,3	**25,0**	**20,2**	27,7		99%	**9,2**	**5,1**	**5,4**	11,8
6,7	2%	**29,9**	24,6	**25,5**	28,5	**24,5**	**19,5**	27,1						

Anexo B
(normativo)

Dutos metálicos – Especificações construtivas (Reprodução autorizada pela SMACNA Inc.)

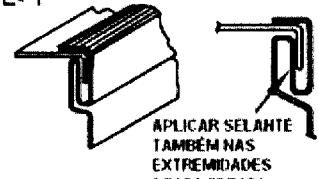
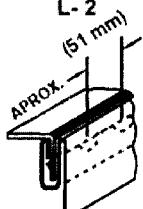
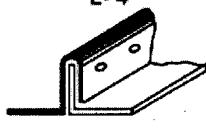
B.1 Escopo

Este Anexo é baseado no manual SMACNA - HVAC *Duct construction standards – Metal and flexible* - 2005, do qual foram reproduzidas resumidamente as especificações construtivas básicas de projeto para os dutos metálicos de chapa galvanizada mais freqüentemente utilizados em instalações de conforto.

Este Anexo abrange:

— dutos de classe de pressão 125 Pa, 250 Pa e 500 Pa

— dutos retangulares e ovalizados com lado maior até 1 800 mm, e

— dutos circulares com diâmetro até 1 800 mm

Para dutos de outras classes de pressão, dimensões maiores e outros materiais, assim como para componentes e detalhes construtivos não especificados neste Anexo, deve ser obedecido o estipulado no manual SMACNA HVAC *Duct construction standards.*

B.2 Dutos retangulares

B.2.1 Emendas, juntas e reforços

As Figuras B.1 e B.2 especificam as emendas longitudinais e as juntas transversais mais freqüentemente utilizadas.

As Tabelas B.1, B.2 e B3 indicam a classe de rigidez atribuída a cada tipo de juntas transversais e de elementos de reforço e as especificações e o dimensionamento dos tirantes de reforço.

Emenda	Requisitos
L-1 APLICAR SELANTE TAMBÉM NAS EXTREMIDADES DESTA FRESTA CRAVAMENTO PITTSBURGH	- Altura da bolsa 6 mm a 16 mm - Uso em dutos e singularidades retos - até ± 2 500 Pa
L-2 (51 mm) APROX. CRAVAMENTO SNAP LOCK	- Altura da bolsa 16 mm em # 20, 22 13 mm em # 24, 26 - Parafusar nas extremidades: - em dutos de 1 000 Pa - em dutos de 750 Pa quando L >1 200 mm - até ± 1 000 Pa
L-3 CRAVAMENTO FLAT LOCK	- até ± 2 500 Pa
L-4 CRAVAMENTO REFORÇADO	- W ≤ 1 000 mm – aba 25 mm - W > 1 000 mm – aba 40 mm - Fixar a 50 mm das extremidades e a intervalos de 200 mm - até ± 2 500 Pa

NOTA **L** - comprimento da emenda **W** – espaçamento entre as emendas longitudinais

# bitola US gage	28	26	24	22	20	18	16
Espessura nom. da chapa mm	0,48	0,55	0,70	0,85	1,00	1,31	1.61

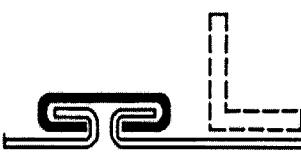
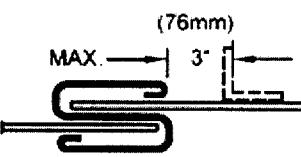
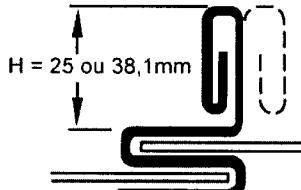
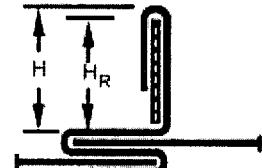
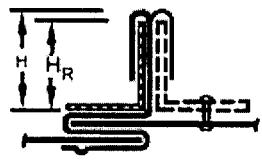
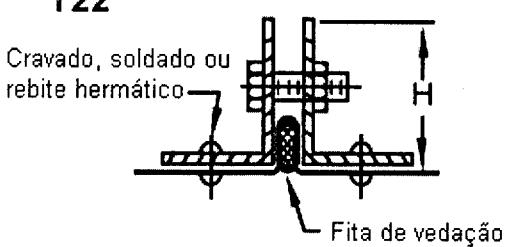
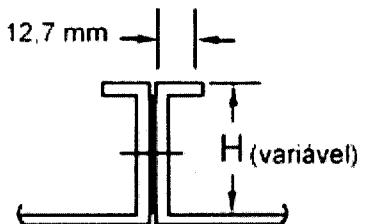
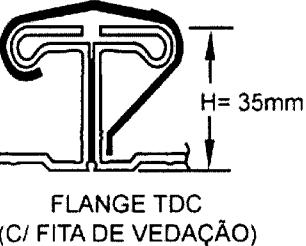
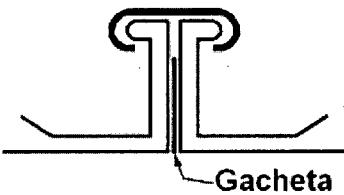
Figura B.1 — Emendas longitudinais (ref. SMACNA, Figura 2-2)

T1 T3 (C/ reforço) T1 - CHAVETA LISA T3 - CHAVETA LISA C/ REFORÇO	- Chaveta mín. # 24 ou 2 bitolas menor que o duto - Quando usada nos 4 lados, fixar a 50 mm dos cantos e a intervalos máx de 300 mm - pressão máxima 500 Pa
T6 T6a (c/ reforço) (76mm) MAX. 3" T-6 - JUNTA "S" (T-6a - JUNTA "S" C/ REFORÇO)	- Chaveta # 24 até L=750 mm # 22 acima de 750 mm - Fixar a cada lado do duto a 50 mm dos cantos e a intervalos máx de 150 mm - Fechar cantos com abas mín de 16 mm
T12 H = 25 ou 38,1mm T-12 - JUNTA "S" REFORÇADA	- Quando usada nos 4 lados, fixar a 50 mm dos cantos e a intervalos Max de 300 mm - Classe de pressão até 500 Pa – L sem limite 750 Pa – L max 900 mm 1 000 Pa – L max 750 mm - não aceitável acima de 1 000 Pa
T13 (c/ barra) T14 (c/cantoneira) H H_R T13 - JUNTA "S" REFORÇADA C/ BARRA T14 - JUNTA "S" REFORÇADA C/ CANTONEIRA	- Quando usada nos 4 lados, fixar a 50 mm dos cantos e a intervalos máx de 300 mm - Fixar a barra ou a cantoneira a 50 mm dos cantos e a intervalos máx de 300 mm - Classe de pressão até 500 Pa – L sem limite 750 Pa – L max 900 mm 1 000 Pa – L max 750 mm - não aceitável acima de 1 000 Pa
T22 Cravado, soldado ou rebite hermático H Fita de vedação T22 - FLANGE TIPO CANTONEIRA (C/ FITA DE VEDAÇÃO OU MASSA)	- Aba mín. no duto 10 mm - Cantoneiras com os cantos soldados - Fixar no duto com solda a ponto ou parafusos a 50 mm máx. dos cantos e intervalos máx de 300 mm. Parafusos - 8 mm mín. espaç. máx 150 mm até classe 1 000 Pa - cantoneiras de 3,2 mm - espaç.máx 100 mm para a classe 1 000 Pa espaç. máx 100 mm para classe maior.

Figura B.2 — Juntas transversais (ref. SMACNA, Figura 2-1)

T-24a FLANGE 12,7 mm H (variável)	- Parafusar ou rebitar a 25 mm dos cantos e a intervalos de no máx. 150 mm. - Instalar junta de forma a garantir uma selagem efetiva. - pressão máxima 500 Pa
T25a - FLANGE TDC H= 35mm FLANGE TDC (C/ FITA DE VEDAÇÃO)	- Montagem conforme Figura B.3. - A classe de rigidez pode ser ajustada com barras ou elementos listados na Tabela B.1 - Reforços adicionais podem ser fixados na parede do duto junto aos flanges, de ambos os lados da junta - Reforço de um lado só pode ser usado se for fixado a ambos os flanges - A junta de vedação deve ser instalada para selar efetivamente a junta
Flanges Sobrepostas Gacheta	Consultar o fabricante quanto aos dados de seleção, que devem ser documentados de acordo com os critérios funcionais da SMACNA
# - bitolas da chapa em US gage – V. Nota na figura B.1 para a correspondente espessura nominal em milímetros	

Figura B2 — Juntas transversais (continuação) (ref. SMACNA, Figura 2-1)

Tabela B.1 — Juntas transversais e reforços intermediários típicos (ref. SMACNA, Tabelas 2-29M e 2-32M)

Cód	EI[b]	Juntas transversais [a]					Reforços intermediários	
		T12	T13/T14 (c/ reforço)	T22	T24 a	T25 a H =35	Canton.	Z
		H x T	H x T + reforço	H x T	H x T	T	H x T	H x B x T
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
A	0,12	25 x 0,55	41,3 x 0,70 barra 38,1 x 3,2				19,1 x 3,2	20 x 13 x 1,00
B	0,29	25 x 0,55	41,3 x 0,70 barra 38,1 x 3,2	25 x 3,2	25 x 0,85	0,55	19,1 x 3,2	20 x 13 x 1,00
C	0,55	25 x 0,70	41,3 x 0,70 barra 38,1 x 3,2	25 x 3,2	25 x 0,85	0,55	19,1 x 3,2	25 x 20 x 1,00
D	0,78	38,1 x 0,85	41,3 x 0,70 barra 38,1 x 3,2	25 x 3,2	25 x 0,85	0,55	19,1 x 3,2	25 x 20 x 1,31
E	1,9	38,1 x 1,00	41,3 x 0,85 barra 38,1 x 3,2	25 x 3,2	38,1 x 1,00	0,70	25 x 3,2	50 x 30 x 1,00
F	3,7	38,1 x 1,31	41,3 x 0,85 barra 38,1 x 3,2	25 x 3,2	38,1 x 1,00	0,85	31,8 x 3,2	40 x 20 x 1,31
G	4,5	38,1 x 1,31	41,3 x 1,00 barra 38,1 x 3,2	38,1 x 3,2	38,1 x 1,00	0,85 TR ou 1,00	38,1 x 3,2	40 x 20 x 1,61
H	7,6		41,3 x 1,31 barra 38,1 x 3,2	38,1x 3,2		1,31	51 x 3,2	40 x 20 x 3,2
I	20		54 x 1,00 cant 51x51 x 3,2	38,1 x 6,4		1,00 TR	51 x 4,8	50 x 30 x 2,5
J	23		54 x 1,00 cant 51x51 x 4,76	51x 3,2		1,31 TR	51 x 4,8	50 x 30 x 3,2
K	30			51 x 4,8		1,31 TR	63,5 x 3,8	75 x 30 x 2,5
L	60			51 x 6,4		1,31 TR	63,5 x 6,4	75 x 30 x 3,2

NOTA 1 Cantoneiras e barras de reforço de aço galvanizado

NOTA 2 TR – Dois tirantes fixados no centro das paredes do duto a 25 mm máx da junta, um de cada lado

[a] As juntas T3, T6a e T8a tem a classe de rigidez do reforço.
A junta T1 é aceita como reforço A, B e C nas condições estipuladas na Tabela B.3.

[b] EI – O valor listado vezes 10^5 é o módulo de elasticidade multiplicado por um momento de inércia baseado na contribuição dos elementos da conexão, do reforço, da parede do duto ou de combinações destes.

Tabela B.2 — Especificação e dimensionamento dos tirantes (ref. Tabelas SMACNA 2-34M e 2-37M)

Pressão no duto	Compr. máx. mm	Bit. nom.	Φ ext. mm	Esp. parede mín. mm	Peso min. kg/m
positiva	1 800	½"	21,3	2,6	1,19
negativa	1 300	½"	21,3	2,6	1,19
	1 600	¾"	26,7	2,7	1,61
	1 800	1"	33,3	3,2	2,38

NOTA Os comprimentos máximos dos tirantes são baseados em pressão no sistema de 500 Pa, positiva ou negativa.

Tabela B.3 — Junta transversal T1 aceita como reforço cód. A, B, e C (ref. SMACNA, Tabela 2-48M)

Classe do duto	Parede do duto							
	0,55 mm		0,70 mm		0,85 mm		1,0 mm ou mais	
	Largura do duto W e espaçamento entre reforços D							
	W máx mm	D máx m	W máx mm	D máx m	W máx mm	D máx m	W máx mm	D máx m
125	500 450	3,00 m NR	500	NR	500	NR	500	NR
250	500 350 300	2,40 m 3,00 m NR	500 350	2,40 m NR	500 450	3,00 m NR	500	NR
500	450	1,50 m	450 300	2,40 m NR	450 350	3,00 m NR	450	NR

NOTA Embora o cálculo de EI para a junta T1 apresente valor quer não atende aos requisitos das classes de rigidez A, B e C, ensaios têm comprovado que pode ser usada nos limites desta tabela.

- NR – Reforço não requerido

B.2.2 Dados para construção

As Tabelas B.4 a B.9 indicam, para cada classe de pressão, as combinações aceitáveis de espessura de parede, tipo e rigidez das juntas transversais e dos reforços intermediários, espaçamento entre juntas ou entre juntas e reforços, de acordo com o manual SMACNA.

A escolha da combinação apropriada é de responsabilidade do instalador.

Para uso das tabelas, proceder como indicado a seguir:

a) escolher a tabela correspondente à classe de pressão especificada no projeto para o trecho de duto a dimensionar e determinar o espaçamento entre as juntas a ser adotado. A maior dimensão do duto define a espessura dos 4 lados. As juntas e os reforços podem ser diferentes nos lados de dimensões diferentes.

b) lado maior

1) entrar na coluna 1 com a dimensão do lado maior e verificar na coluna 2 a espessura da chapa que não exige reforços;

2) se a espessura indicada não for satisfatória, escolher entre as colunas 3 a 10 a casa correspondendo ao espaçamento entre as juntas pré determinado, onde está indicada a espessura de parede e o código de rigidez das juntas requeridos, sem reforços intermediários;

3) se optar por reforço intermediário entre as juntas, escolher a coluna que corresponde à metade do espaçamento pré determinado entre as juntas, onde está indicada a combinação mínima de espessura de parede e código de rigidez das juntas (espaçadas como em b) e dos reforços intermediários requeridos.

c) lado menor

1) verificar na coluna 2 se a espessura da parede pode dispensar reforços;

2) caso contrário, procurar nas colunas 3 a 10 a casa correspondente ao maior espaçamento onde se encontra a espessura da parede do duto e adotar o código indicado;

3) se a casa acima referida corresponder a um espaçamento maior que o espaçamento no lado maior, procurar a casa correspondente a este espaçamento e adotar o código de rigidez indicado, desconsiderando a espessura da parede.

EXEMPLO - Duto classe 500 Pa – V. Tabela B.6

— **750 x 300 – espaçamento entre juntas 1,50 m**

— **Opção 1 (sem reforços intermediários)**

— Lado maior: 750 mm →col. 6 _ use chapa 0,70 mm com juntas E espaçadas 1,50 m.

— Lado menor: 300 mm →col 2 _ chapa 0,70 mm não requer reforços – use chavetas planas – juntas E só no lados maiores.

— **Opção 2 (com reforços intermediários)**

— Lado maior: 750 mm →col. 9 _ use chapa 0,55 mm com juntas D espaçadas 1,50 m + reforços D intermediários a 0,75 m.

— Lado menor: 300 mm →col 2 _ chapa 0,55 não requer reforços – use chavetas planas – (reforços D só no lados maiores).

— **1 200 x 600 – espaçamento entre juntas 1,20 m**

— **Opção 1 (sem reforços intermediários)**

— Lado maior: 1 200 mm →col. 7 - use chapa 0,85 mm com juntas G espaçadas 1,20 m

— Lado menor: 600 mm →col 2 _ 0,85 mm não dispensa reforços → col 3 - indica juntas E para chapa 0,85 mm e espaçamento de até 3,00 m – excessivo →col. 7 – requer juntas D para espaçamento 1,20 m – ignore espessura da chapa indicada, use juntas D espaçadas 1,20 m, sem reforços intermediários.

— **Opção 2 (com reforços intermediários)**

— Lado maior: 1 200 mm →col. 10 _ use chapa 0,70 mm com juntas E espaçadas 1,20 m + reforços E intermediários a 0,60 m

— Lado menor: 600 mm →col 2 _ 0,70 mm não dispensa reforços → col 4 - indica juntas E para chapa 0,70 mm e espaçamento de até 2,40 m - excessivo →col. 7- requer juntas D para espaçamento 1,20 m – ignore espessura da chapa indicada, use juntas D espaçadas 1,20 m sem reforços intermediários.

Tabela B.4 — Construção de dutos retangulares - Dutos classe ± 125 Pa (Ref SMACNA Tabela 2-1M)

± 125 Pa	**N/requer**	**Código de rigidez da junta ou reforço e espessura da parede** (mm)							
Dimensão	**reforço**	Opções de espaçamento entre juntas ou entre juntas e reforços							
mm	mm	3,00 m	2,40 m	1,80 m	1,50 m	1,20 m	0,90 m	0,75 m	0,60 m
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Até 250	0,55								
251 a 300	0,55								
301 a 350	0,55								
351 a 400	0,55								
491 a 450	0,55								
451 a 500	0,70	B-0,55	B-0,55	B-0,55	B-0,55	B-0,55	B-0,55	A-0,55	A-0,55
501 a 550	0,85	B-0,55	B-0,55	B-0,55	B-0,55	B-0,55	B-0,55	B-0,55	A-0,55
551 a 600	0,85	C-0,55	C-0,55	C-0,55	B-0,55	B-0,55	B-0,55	B-0,55	B-0,55
601 a 650	1,00	C-0,55	C-0,55	C-0,55	C-0,55	B-0,55	B-0,55	B-0,55	B-0,55
651 a 700	1,31	C-0,70	C-0,55	C-0,55	C-0,55	C-0,55	B-0,55	B-0,55	B-0,55
701 a 750	1,31	C-0,70	C-0,55	C-0,55	C-0,55	C-0,55	B-0,55	B-0,55	B-0,55
751 a 900	1,31	D-0,85	D-0,70	C-0,55	C-0,55	C-0,55	C-0,55	C-0,55	B-0,55
901 a 1 000	1,61	E-1,00	E-0,70	D-0,70	D-0,55	C-0,55	C-0,55	C-0,55	C-0,55
1 001 a 1 200	1,61	E-1,00	E-0,85	E-0,70	E-0,55	D-0,55	D-0,55	C-0,55	C-0,55
1 201 a 1 300		F-1,31	F-1,00	E-0,85	E-0,55	E-0,55	E-0,55	D-0,55	C-0,55
1 301 a 1 500		G-1,31	F-1,00	F-0,85	E-0,70	E-0,70	E-0,55	E-0,55	D-0,55
1 501 a 1 800		H-1,61	H-1,31	F-1,00	F-0,85	F-0,70	E-0,70	E-0,70	E-0,70

Tabela B.5 — Construção de dutos retangulares - Dutos classe ± 250 Pa (Ref SMACNA Tabela 2-2M)

± 250 Pa	**N/requer**	**Código de rigidez da junta ou reforço e espessura da parede** (mm)							
Dimensão	**reforço**	Opções de espaçamento entre juntas ou entre juntas e reforços							
mm	mm	3,00 m	2,40m	1,80m	1,50m	1,20m	0,90m	0,75m	0,60m
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Até 250	0,55								
251 a 300	0,55								
301 a 350	0,55								
351 a 400	0,55								
491 a 450	0,70		B-0,55	B-0,55	B-0,55	B-0,55	B-0,55	B-0,55	B-0,55
451 a 500	0,70		C-0,55	C-0,55	C-0,55	C-0,55	B-0,55	B-0,55	B-0,55
501 a 550	0,85	C-0,70	C-0,70	C-0,55	C-0,55	C-0,55	B-0,55	B-0,55	B-0,55
551 a 600	0,85	C-0,70	C-0,70	C-0,55	C-0,55	C-0,55	C-0,55	B-0,55	B-0,55
601 a 650	1,00	D-0,85	D-0,70	C-0,55	C-0,55	C-0,55	C-0,55	C-0,55	B-0,55
651 a 700	1,31	D-0,85	D-0,70	D-0,55	C-0,55	C-0,55	C-0,55	C-0,55	C-0,55
701 a 750	1,31	E-0,85	D-0,70	D-0,55	D-0,55	C-0,55	C-0,55	C-0,55	C-0,55
751 a 900	1,31	E-1,00	E-0,85	E-0,70	D-0,70	D-0,55	C-0,55	C-0,55	C-0,55
901 a 1 000	1,61	F-1,31	F-1,00	E-0,85	E-0,70	E-0,55	D-0,55	D-0,55	C-0,55
1 001 a 1 200	1,61	G-1,31	G-1,31	F-1,00	F-0,85	E-0,70	E-0,55	E-0,55	D-0,55
1 201 a 1 300		H-1,31	H-1,31	G-1,00	F-0,85	F-0,70	E-0,70	E-0,70	E-0,70
1 301 a 1 500		I-1,61	H-1,31	G-1,00	G-0,85	F-0,70	F-0,70	E-0,70	E-0,70
1 501 a 1 800			I-1,61 ou G[a]-1,61	H-1,31 ou G[a]-1,31	H-1,31 ou G[a]-1,31	H-0,85 ou G[a]-0,85	F-0,70	F-0,70	F-0,70

[a] tirante – fixado no centro da junta (em um dos lado nas conexões T22). Para especificações e dimensionamento dos tirantes, ver tabela B.2.

Tabela B.6 — Construção de dutos retangulares Dutos classe ± 500 Pa (Ref SMACNA Tabela 2-3M)

± 500 Pa Dimensão mm	**N/requer reforço** mm	**Código de rigidez da junta ou reforço e espessura da parede** (mm) Opções de espaçamento entre juntas ou entre juntas e reforços							
		3,00 m	2,40 m	1,80 m	1,50 m	1,20 m	0,90 m	0,75 m	0,60 m
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Até 250	0,55								
251 a 300	0,55								
301 a 350	0,70		B-0,55	B-0,55	B-0,55	B-0,55	B-0,55	B-0,55	B-0,55
351 a 400	0,70		C-0,55	C-0,55	C-0,55	C-0,55	C-0,55	B-0,55	B-0,55
491 a 450	0,85		C-0,55	C-0,55	C-0,55	C-0,55	C-0,55	C-0,55	B-0,55
451 a 500	1,00	C-0,85	C-0,70	C-0,55	C-0,55	C-0,55	C-0,55	C-0,55	C-0,55
501 a 550	1,31	D-0,85	D-0,70	D-0,55	D-0,55	C-0,55	C-0,55	C-0,55	C-0,55
551 a 600	1,31	E-0,85	E-0,70	D-0,55	D-0,55	D-0,55	C-0,55	C-0,55	C-0,55
601 a 650	1,31	E-0,85	E-0,85	E-0,70	D-0,55	D-0,55	C-0,55	C-0,55	C-0,55
651 a 700	1,31	F-1,00	E-1,00	E-0,85	E-0,70	D-0,55	D-0,55	C-0,55	C-0,55
701 a 750	1,31	F-1,00	F-1,00	E-0,85	E-0,70	E-0,55	D-0,55	D-0,55	C-0,55
751 a 900	1,61	G-1,31	G-1,00	F-0,85	F-0,70	E-0,70	E-0,55	D-0,55	D-0,55
901 a 1 000		H-1,31	H-1,31	G-1,00	G-0,85	F-0,70	E-0,70	E-0,55	E-0,55
1 001 a 1 200			I-1,31	H-1,00	H-0,85	G-0,85	F-0,70	F-0,70	E-0,70
1 201 a 1 300			I-1,61 ou G[a]-1,61	I-1,31 ou G[a] -1,31	H-1,00 ou G[a] -1,00	H-1,00 ou G[a]-1,00	G-0,70	F-0,70	F-0,70
1 301 a 1 500				I-1,31 ou G[a] -1,31	I-1,00 ou G[a] -1,00	H-1,00 ou G[a]-1,00	G-0,85	G-0,70	F-0,70
1 501 a 1 800				J-1,61 ou H[a]-1,61	J-1,31 ou H[a]-1,31	I-1,00 ou G[a]-1,00	H-0,85 ou G[a]-0,85	H-0,85 ou G[a]-0,85	H-0,70

[a] tirante – fixado no centro da junta (em um dos lado nas conexões T22). Para especificações e dimensionamento dos tirantes, ver Tabela B.2

Tabela B.7 — Construção de dutos retangulares - Juntas TDC Duto classe ± 125 Pa (Ref SMACNA Tabelas 2-8M e 2-15M)

± 125 Pa	Chapas ou bobina 1,20 m					Chapa ou bobina 1,50 m				
	Juntas a 1,20 m		Juntas a 1,20 m + reforço a 0,60 m			Juntas a 1,50 m		Juntas a 1,50 m + reforço a 0,75 m		
Dimensão mm	Parede mm	Reforço da junta	Parede mm	Reforço da junta	Reforço	Parede mm	Reforço da junta	Parede mm	Reforço da junta	Reforço
Até 250	0,55	N/R				0,55	N/R			
251 a 300	0,55	N/R				0,55	N/R			
301 a 350	0,55	N/R				0,55	N/R			
351 a 400	0,55	N/R				0,55	N/R			
491 a 450	0,55	N/R				0,55	N/R			
451 a 500	0,55	N/R				0,55	N/R			
501 a 550	0,55	N/R				0,55	N/R			
551 a 600	0,55	N/R				0,55	N/R			
601 a 650	0,55	N/R				0,55	N/R			
651 a 700	0,55	N/R				0,55	N/R			
701 a 750	0,55	N/R				0,55	N/R			
751 a 900	0,55	N/R				0,55	N/R			
901 a 1 000	0,55	N/R				0,55	N/R			
1 001 a 1 200	0,55	N/R				0,70	N/R	0,55	N/R	TRpn ou C
1 201 a 1 300	0,70	N/R	0,55	N/R	TRpn ou C	0,70	N/R	0,55	N/R	TRpn ou D
1 301 a 1 500	0,70	N/R	0,55	N/R	TRpn ou D	0,70	N/R	0,70	N/R	E
1 501 a 1 800	0,85	N/R	0,70	N/R	TRpn ou E	0,85	N/R	0,70	N/R	TRpn ou E

Legenda
N/R – não requerido
TRjt – Tirante - fixado no centro da junta em cada lado, a 25 mm da junta
TRpn – Tirante- fixado no centro do painel. Para especificações e dimensionamento dos tirantes, ver Tabela B.2

Tabela B.8 — Construção de dutos retangulares - Juntas TDC Duto classe ± 250 Pa (Ref SMACNA Tabelas 2-9M e 2-16M)

± 250 Pa	Chapas ou bobina 1,20 m					Chapa ou bobina 1,50 m				
	Juntas a 1,20 m		Juntas a 1,20 m + reforço a 0,60 m			Juntas a 1,20 m		Juntas a 1,20 m + reforço a 0,60 m		
Dimensão mm	Parede mm	Reforço da junta	Parede mm	Reforço da junta	Reforço	Parede mm	Reforço da junta	Parede mm	Reforço da junta	Reforço
Até 250	0,55	N/R				0,55	N/R			
251 a 300	0,55	N/R				0,55	N/R			
301 a 350	0,55	N/R				0,55	N/R			
351 a 400	0,55	N/R				0,55	N/R			
491 a 450	0,55	N/R				0,55	N/R			
451 a 500	0,55	N/R				0,55	N/R			
501 a 550	0,55	N/R				0,55	N/R			
551 a 600	0,55	N/R				0,55	N/R			
601 a 650	0,55	N/R				0,55	N/R			
651 a 700	0,55	N/R				0,55	N/R			
701 a 750	0,55	N/R				0,55	N/R			
751 a 900	0,55	N/R				0,70	N/R	0,55	N/R	TRpn ou C
901 a 1 000	0,70	N/R	0,55	N/R	TRpn ou C	0,70	N/R	0,55	N/R	TRpn ou D
1 001 a 1 200	0,70	N/R	0,55	N/R	TRpn ou D	0,85	N/R	0,70	N/R	TRpn ou E
1 201 a 1 300	0,85	N/R	0,70	N/R	TRpn ou E	0,85	N/R	0,70	N/R	TRpn ou E
1 301 a 1 500	0,85	N/R	0,70	N/R	TRpn ou E	0,85	TRjt ou (2C)	0,70	N/R	TRpn ou E
1 501 a 1 800	0,85	TRjt ou (2E)	0,85	N/R	TRpn ou F	1,31	N/R	0,70	N/R	(2)TRpn ou F

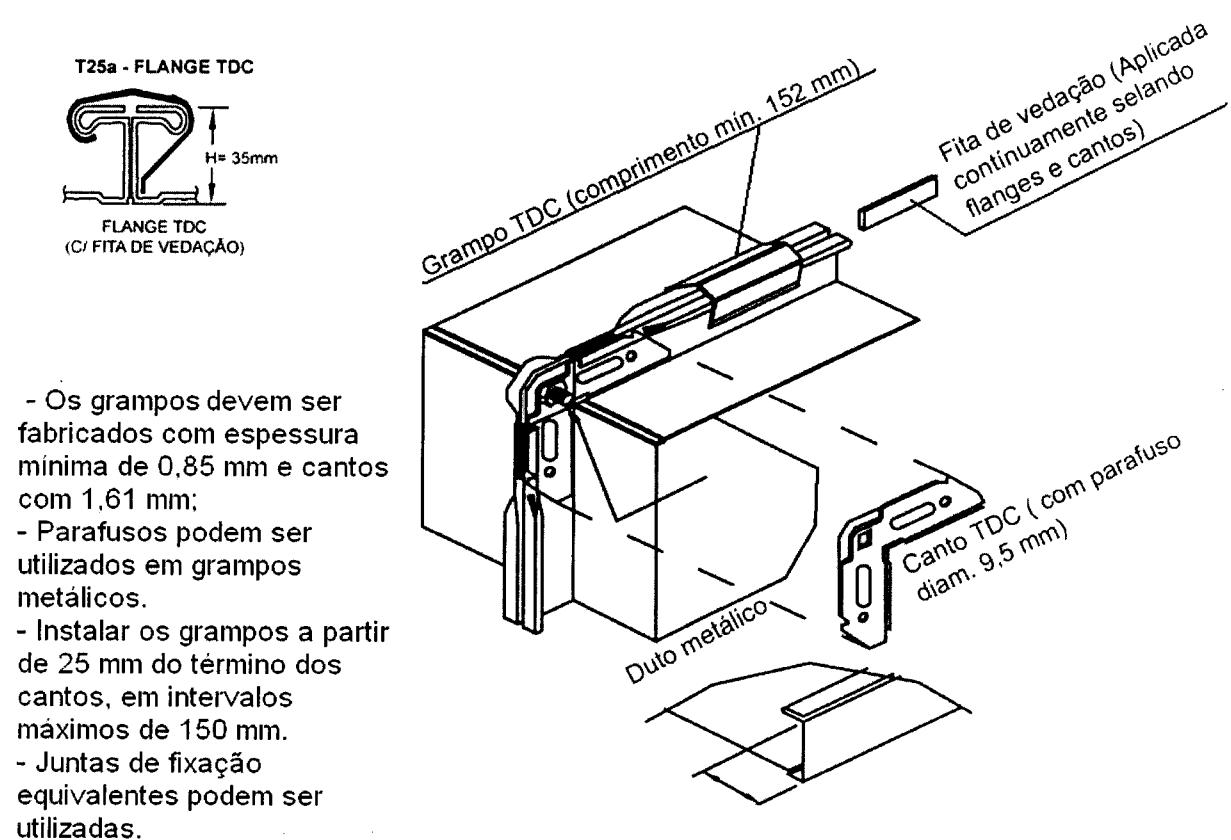
Legenda

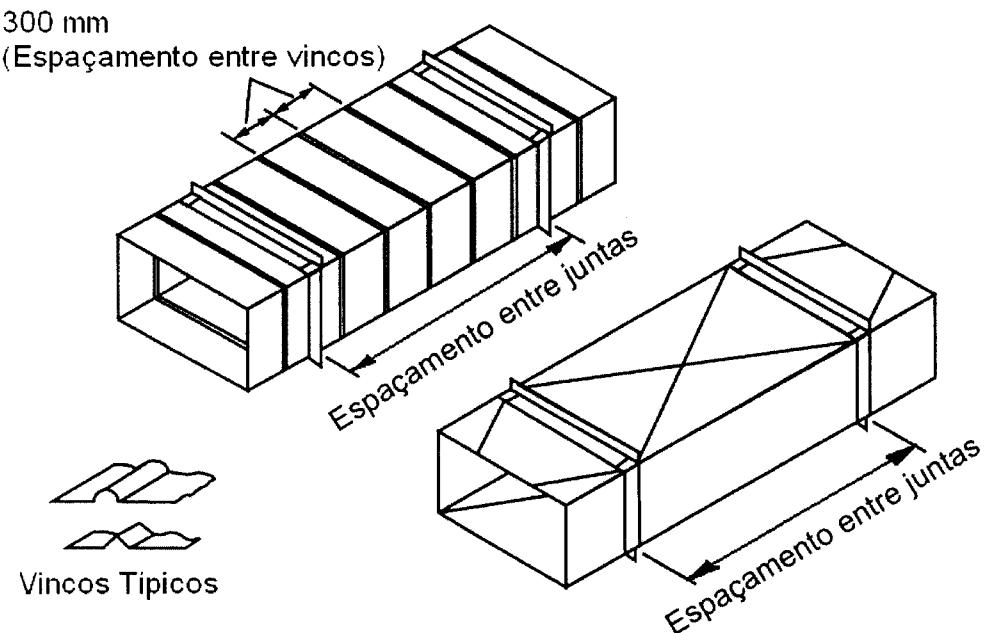
N/R – não requerido

TRjt – Tirante - fixado no centro da junta em cada lado, a 25 mm da junta

TRpn – Tirante- fixado no centro do painel. Para especificações e dimensionamento dos tirantes, ver Tabela B.2

Tabela B.9 — Construção de dutos retangulares - Juntas TDC Duto classe ± 500 Pa (Ref SMACNA Tabelas 2-10M e 2-17M)

± 500 Pa	Chapas ou bobina 1,20 m					Chapa ou bobina 1,50 m				
	Juntas a 1,20 m		Juntas a 1,20 m + reforço			Juntas a 1,50 m		Juntas a 1,50 m + reforço		
Dimensão mm	Parede mm	Reforço da junta	Parede mm	Reforço da junta	Reforço	Parede mm	Reforço da junta	Parede mm	Reforço da junta	Reforço
Até 250	0,55	N/R				0,55	N/R			
251 a 300	0,55	N/R				0,55	N/R			
301 a 350	0,55	N/R				0,55	N/R			
351 a 400	0,55	N/R				0,55	N/R			
491 a 450	0,55	N/R				0,55	N/R			
451 a 500	0,55	N/R				0,55	N/R			
501 a 550	0,55	N/R				0,55	N/R			
551 a 600	0,55	N/R				0,55	N/R			
601 a 650	0,55	N/R				0,55	N/R			
651 a 700	0,55	N/R				0,70	N/R	0,55	N/R	TRpn ou C
701 a 750	0,70	N/R	0,55	N/R	TRpn ou C	0,70	N/R	0,55	N/R	TRpn ou D
751 a 900	0,70	N/R	0,55	N/R	TRpn ou D	0,85	N/R	0,55	N/R	TRpn ou D
901 a 1 000	0,85	N/R	0,70	N/R	TRpn ou E	0,85	TRjt ou(2C	0,70	N/R	TRpn ou E
1 001 a 1 200	0,85	TRjt ou (2C)	0,70	N/R	TRpn ou E	1,00	TRjt ou (2E)	0,85	N/R	TRpn ou F
1 201 a 1 300	1,00	TRjt ou (2E)	0,85	N/R	TRpn ou F	1,00	TRjt ou (2E)	0,85	N/R	TRpn ou F
1 301 a 1 500	1,00	TRjt ou (2E)	0,85	N/R	TRpn ou F	1,00	TRjt ou (2H)	0,85	TRjt or(2C))	TRpn ou G
1 501 a 1 800	1,00	TRjt ou (2H)	1,00	TRjt or (2E)	TRpn ou H	1,31	TRjt ou (2H)	1,00	TRjt or (2E)	TRpn ou H

Legenda

N/R – não requerido

TRjt – Tirante - fixado no centro da junta em cada lado, a 25 mm da junta

TRpn – Tirante- fixado no centro do painel - Para especificações e dimensionamento dos tirantes, ver Tabela B.2

B.2.3 Detalhes construtivos típicos

Figura B.3 — Detalhe de junta com flange TDC (adaptada de SMACNA Figura 2-17)

Dimensões de dutos superiores a 500 mm com área planificada superior a 1, 00 m^2 devem receber vincos estruturais nas chapas metálicas ou dobras em "x", exceto aqueles que receberem isolamento térmico ou acústico. Não é necessário vincar todos os lados, a menos que cada dimensão seja superior a 483 mm.

NOTA Vincos estruturais ou dobras em "x" não afetam as classes de reforço (Tabela B.2 e B.2).

O posicionamento dos vincos poderá ser aleatório nas conexões.

Figura B.4 — Vinco Estrutural (ref. SMACNA Figura 2-9)

B.3 Dutos circulares

A Tabela B.9 indica a espessura da parede para dutos em pressão positiva até 2 500 Pa e negativa até 500 Pa.

Tabela B.9 — Dutos circulares sem reforços - Espessura da parede (mm) (Ref SMACNA Tabelas 3-5M, 3-6M e 3-10M)

Diâmetro mm	Até 2 500 Pa pos. [a]		Até 500 Pa neg. [a b]	
	Emenda longitudinal	Emenda em espiral	Emenda longitudinal	Emenda em espiral [c]
100	0,48	0,48	0,48	0,48
150	0,48	0,48	0,48	0,48
200	0,48	0,48	0,48	0,48
250	0,48	0,48	0,48	0,48
300	0,48	0,48	0,55	0,48
350	0,48	0,48	0,70	0,48
400	0,55	0,55	0,70	0,55
450	0,55	0,55	0,85	0,70
500	0,70	0,55	0,85	0,70
550	0,70	0,55	0,85	0,85
600	0,70	0,55	1,00	0,85
750	0,85	0,70	1,31	1,00
900	0,85	0,70	1,61	1,31
1 000	0,85	0,70		1,31
1 200	1,00	0,85		1,61
1 300	1,00	0,85		1,61
1 500	1,00	0,85		
1 650	1,31	0,85		
1 800	1,31	1,00		

[a] Curvas e singularidades devem ter a espessura de parede indicada para trechos retos com emendas longitudinais.

[b] Espessuras de parede para outras pressões negativas e reforços de diversas classes e espaçamentos estão indicadas nas Tabelas 3-6M a 3-13M do manual SMACNA.

[c] Dutos com espessura de parede menor que a indicada, reforçados com uma ou mais nervuras entre as costuras espirais, estão disponíveis no mercado. Não são classificados pela SMACNA; são aceitáveis, no entanto, desde que comprovada pelo fabricante a equivalencia com os estipulados nesta tabela em termos de resistência mecânica e rigidez.

B.4 Dutos ovalizados

A Tabela B.10 indica a espessura mínima da parede para dutos ovalizados.

Tabela B.10 — Dutos ovalizados — Pressão positiva até 2 500 Pa — Espessura da parede (mm) (Ref SMACNA Tabela 3-15M)

Lado maior mm	Emenda longitudinal	Emenda em espiral	Curvas e singularidades
Até 600	1,00	0,70	1,00
750	1,00	0,85	1,00
900	1,00	0,85	1,00
1 000	1,31	0,85	1,31
1 200	1,31	0,85	1,31
1 300	1,31	1,00	1,31
1 500	1,31	1,00	1,31
1 650	1,61	1,00	1,61
≥ 1 800	1,61	1,31	1,61

NOTA 1 Os reforços dos lados retos do duto devem ser do mesmo tamanho e com o mesmo espaçamento que o estipulado para duto retangular, ou devem limitar a deflexão da parede do duto em 19 mm e a deflexão dos reforços em 6,4 mm.

NOTA 2 A construção do duto deve ser capaz de suportar uma pressão 50 % maior que a classe de projeto estipulada, sem falha estrutural ou deformação permanente.

NOTA 3 A deflexão da parede do duto à pressão atmosférica, com os reforços e conexões instalados, não deve ultrapassa 6,4 mm em parede de 900 mm ou menores e 13 mm em paredes maiores.

Anexo C
(informativo)

Fontes internas de calor e umidade

Tabela C.1 — Taxas típicas de calor liberado por pessoas

Nível de atividade	Local	Calor total (W)		Calor Sensível (W)	Calor latente (W)	% Radiante do calor sensível	
		Homem adulto	Ajustado M/F[a]			Baixa velocidade do ar	Alta velocidade do ar
Sentado no teatro	Teatro matinê	115	95	65	30		
Sentado no teatro, noite	Teatro noite	115	105	70	35	60	27
Sentado, trabalho leve	Escritórios, hotéis, apartamentos	130	115	70	45		
Atividade moderada em trabalhos de escritório	Escritórios, hotéis, apartamentos	140	130	75	55		
Parado em pé, trabalho moderado; caminhando	Loja de varejo ou de departamentos	160	130	75	55	58	38
Caminhando, parado em pé	Farmácia, agência bancária	160	145	75	70		
Trabalho sedentário	Restaurante[b]	145	160	80	80		
Trabalho leve em bancada	Fábrica	235	220	80	140		
Dançando moderadamente	Salão de baile	265	250	90	160	49	35
Caminhando 4,8 km/h; trabalho leve em máquina operatriz	Fábrica	295	295	110	185		
Jogando boliche[c]	Boliche	440	425	170	255		
Trabalho pesado	Fábrica	440	425	170	255	54	19
Tralhalho pesado em máquina operatriz; carregando carga	Fábrica	470	470	185	285		
Praticando esportes	Ginásio, academia	585	525	210	315		

NOTA 1 Valores baseados em temperatura de bulbo seco ambiente de 24 °C. Para uma temperatura de bulbo seco ambiente de 27 °C, o calor total permanece o mesmo, porém o calor sensível deve ser reduzido em aproximadamente 20 %, e o calor latente aumentado correspondentemente. Para uma temperatura de bulbo seco ambiente de 21 °C, também o calor total permanece o mesmo, porém o calor sensível deve ser aumentado em aproximadamente 20 %, e o calor latente reduzido correspondentemente.

NOTA 2 Valores arredondados em 5 W.

[a] O valor do calor ajustado é baseado numa porcentagem normal de homens, mulheres e crianças para cada uma das aplicações listadas, postulando-se que o calor liberado por uma mulher adulta é aproximadamente 85 % daquele liberado por um homem adulto, e o calor liberado por uma criança é aproximadamente 75 % daquele liberado por um homem adulto.

[b] O ganho de calor ajustado inclui 18 W para um prato de comida individual (9 W de calor sensível e 9 W latente).

[c] Considerando uma pessoa por cancha realmente jogando boliche, e todas as demais sentadas (117 W), paradas em pé ou caminhando lentamente (231 W).

Fonte:

Adaptado de 2005 ASHRAE *Fundamentals Handbook*, Capítulo 30, "*Nonresidential Cooling and Heating Load Calculations*", Tabela 1.

Tabela C.2 — Taxas típicas de dissipação de calor pela iluminação

Local	Tipos de iluminação	Nível de iluminação Lux	Potência dissipada W/m²
Escritórios e bancos	Fluorescente	500	16
Lojas	Fluorescente Fluorescente compacta Vapor metálico	750	17 23 28
Residências	Fluorescente compacta Incandescente	150	9 30
Supermercados	Fluorescente Vapor metálico	1 000	21 30
Armazéns climatizados	Fluorescentes Vapor Metálico	100	2 3
Cinemas e teatros	Fluorescente compacta Vapor metálico	50	6 4
Museus	Fluorescente Fluorescente compacta	200	5 11
Bibliotecas	Fluorescente Fluorescente compacta	500	16 28
Restaurantes	Fluorescente compacta Incandescente	150	13 41
Auditórios:			
a) Tribuna	Fluorescente Fluorescente compacta	750	30 32
b) Platéia	Fluorescente	150	10
c) Sala de espera	Vapor metálico Fluorescente compacta	200	18 8
Hotéis:			
a) Corredores	Fluorescente compacta	100	8
b) Sala de leitura	Fluorescente Fluorescente compacta	500	15 22
c) Quartos	Fluorescente compacta Incandescente	150	9 30
d) Sala de convenções			
- Platéia	Fluorescente	150	8
- Tablado	Fluorescente Fluorescente compacta	750	30 30
e) Portaria e recepção	Fluorescente Fluorescente compacta	200	8 9

Tabela C.3 — Taxas típicas de dissipação de calor de equipamentos de escritório – Computadores

Computadores	Uso contínuo W	Modo economizador W
Computadores		
Valor médio	55	20
Valor com fator de segurança	65	25
Valor com fator de segurança alto	75	30
Monitores		
Pequeno (13 pol. a 15 pol.)	55	0
Médio (16 pol. a 18 pol.)	70	0
Grande (19 pol. a 20 pol.)	80	0

Tabela C.4 — Taxas típicas de dissipação de calor de equipamentos de escritório – Impressoras e copiadoras

Impressoras e copiadoras	Uso contínuo W	1 página por minuto W	Ligada, em espera W
Impressoras a *laser*			
De mesa, pequena	130	75	10
De mesa	215	100	35
De escritório, pequena	320	160	70
De escritório, grande	550	275	125
Copiadoras			
De mesa	400	85	20
De escritório	1 100	400	300

Tabela C.5 — Taxas típicas de dissipação de calor de equipamentos de escritório – Equipamentos diversos

Equipamentos diversos	Potência máxima W	Dissipação recomendada W
Caixas registradoras	60	48
Máquinas de fax	15	10
Máquinas de café (10 xícaras)	1 500	1 050 sensível 450 latente
Máquinas de venda de bebidas refrigeradas	1 150 a 1 920	575 a 960
Máquinas de venda de salgadinhos	240 a 275	240 a 275
Bebedouros refrigerados	700	350

Tabela C.6 — Densidade típica de carga de equipamentos para diversos tipos de escritórios

Densidade típica de carga de equipamentos para diversos tipos de escritórios		
Tipo de carga	Densidade W/m²	Descrição do escritório Assumindo:
Leve	5,4	15,5 m² por posto de trabalho com computador e monitor em cada um, mais impressora e fax. Fator de diversidade de 0,67, exceto 0,33 para impressoras
Média	10,7	11,6 m² por posto de trabalho com computador e monitor em cada um, mais impressora e fax. Fator de diversidade de 0,75, exceto 0,50 para impressoras
Média/alta	16,2	9,3 m² por posto de trabalho com computador e monitor em cada um, mais impressora e fax. Fator de diversidade de 0,75, exceto 0,50 para impressoras
Alta	21,5	7,7 m² por posto de trabalho com computador e monitor em cada um, mais impressora e fax. Fator de diversidade de 1,0, exceto 0,50 para impressoras

Fonte:

2005 ASHRAE Fundamentals *Handbook,* Capítulo 30, "*Nonresidential Cooling and Heating Load Calculations*", Tabelas 8, 9, 10, 11.

Tabela C.7 — Taxas típicas de dissipação de calor de motores elétricos

Potência nominal		Eficiência a plena carga	Localização em relação ao espaço condicionado ou fluxo de ar W		
CV	kW	%	Motor e equipamento dentro	Motor fora / equipamento dentro	Motor dentro / equipamento fora
0,05	0,04	35,0	105	37	68
0,08	0,06	35,0	168	59	109
0,125	0,09	35,0	263	92	171
0,16	0,12	35,0	336	118	219
0,25	0,18	64,0	287	184	103
0,33	0,24	67,0	362	243	120
0,50	0,37	68,0	541	368	173
0,75	0,55	71,0	777	552	225
1,0	0,74	78,0	943	736	207
1,5	1,1	72,7	1 520	1 100	414
2,0	1,5	78,0	1 890	1 470	415
3,0	2,2	79,3	2 780	2 210	576
4,0	2,9	82,7	3 560	2 940	615
5,0	3,7	84,6	4 350	3 680	669
6,0	4,4	84,2	5 240	4 410	828
7,5	5,5	88,5	6 230	5 520	717
10,0	7,4	89,0	8 260	7 360	909
12,5	9,2	87,7	10 480	9 190	1 290
15	11,0	88,3	12 490	11 030	1 460
20	14,7	89,8	16 380	14 710	1 670
25	18,4	90,1	20 410	18 390	2 020
30	22,1	91,0	24 250	22 070	2 180
40	29,4	91,0	32 330	29 420	2 910
50	36,8	91,7	40 100	36 780	3 330
60	44,1	91,6	48 180	44 130	4 050
75	55,2	91,9	60 020	55 160	4 860
100	73,6	95,5	77 020	73 550	3 470
125	91,9	91,8	100 200	91 940	8 210
150	110,3	92,0	119 900	110 300	9 590
175	128,7	92,7	138 800	128 700	10 140
200	147,1	93,4	157 500	147 100	10 400
250	183,9	93,5	196 700	183 900	12 780
300	220,7	95,0	232 300	220 700	11 610
350	257,4	95,1	270 700	257 400	13 260
400	294,2	95,3	308 700	294 200	14 510
450	331,0	95,4	346 900	331 000	15 960
500	367,8	95,4	385 500	367 800	17 730

NOTA 1 Motores operando em regime de uso continuo.

NOTA 2 Motores com potência nominal de 0,05 CV a 0,16 CV são monofásicos, 1 500 rpm.

NOTA 3 Motores com potência nominal de 0,25 CV a 500 CV são trifásicos, 1 750 rpm.

NOTA 4 Cabe ao projetista avaliar o fluxo de calor efetivamente dissipado e o local onde é dissipado.

Fonte:

Adaptado a partir de 2005 ASHRAE Fundamentals *Handbook*, Capítulo 30, "*Nonresidential Cooling and Heating Load Calculations* ", Tabela 3.A.

Tabela C.8 — Taxas típicas de dissipação de calor e umidade de alguns equipamentos comerciais – Restaurantes e lanchonetes

Equipamento	Tamanho	Potência W	Ganho de calor W			
			Sem coifa			Com coifa
		Plena Carga	Sensível	Latente	Total	Sensível
Elétrico (sem exigência de coifa)						
Armário (grande, servir quente)	1,06 a 1,15 m³	2 000	180	90	270	82
Armário (provador grande)	0,45 a 0,48 m³	2 030	180	90	270	82
Armário (pequeno, manter quente)	0,09 a 0,18 m³	900	80	40	120	37
Cafeteira	12 xícaras	1 660	1 100	560	1 660	530
Expositor refrigerado, por metros cúbicos de interior	0,17 a 1,9 m³	1 590	640	0	640	0
Aquecedor de alimentos (lâmpada infra-vermelha), por lâmp.	1 a 6 lâmpadas	250	250	-	250	250
Aquecedor de alimentos (tipo prateleira), por metro quadrado de superfície	0,28 m³ a 0,84 m³	2 930	2 330	600	2 930	820
Aquecedor de alimentos (tubo infravermelho), por metro linear	1,0 m³ a 2,1 m	950	950	-	950	950
Aquecedor de alimentos (água quente), por metro cúbico de banho	20 a 70 L	37 400	12 400	6 360	18 760	6 000
Congelador (grande)	2,07 m³	1 340	540	-	540	0
Congelador (pequeno)	0,51 m³	810	320	-	320	0
Grelha de cachorro quente	48 a 56 unidades	1 160	100	50	150	48
Forno de microondas (resistente, comercial)	20 L	2 630	2 630	-	2 630	0
Forno de microonda (tipo residencial)	30 L	600 a 1 400	600 a 1 400	-	600 a 1 400	0
Refrigerador (grande), por metro cúbico de espaço de interior	0,71 a 2,1 m³	780	310	-	310	0
Refrigeralor (pequeno) por metro cúbico de espaço de interior	0,17 a 0,71 m³	1 730	690	-	690	0
Carrinho de transporte (quente), por metro cúbico de banho	50 L a 90 L	21 200	7 060	3 530	10 590	3 390
Aquecedor de caldas, por litro de capacidade	11 L	87	29	16	45	14
Torradeira (grande automático)	10 fatias	5 300	2 810	2 490	5 300	1 700
Torradeira (pequeno automático)	4 fatias	2 470	1 310	1 160	2 470	790
Chapa de *Waffle*	0,05 m²	1 640	700	940	1640	520

Tabela C.9 — Taxas típicas de dissipação de calor e umidade de alguns equipamentos comerciais – Equipamentos médicos (W)

Equipamento	Nominal	Máximo	Média
Sistema de anestesia	250	177	166
Cobertor elétrico	500	504	221
Medidor de pressão	180	33	29
Aquecedor de sangue	360	204	114
ECG/RESP	1 440	54	50
Eletrocirurgia	1 000	147	109
Endoscópio	1 688	605	596
Bisturi	230	60	59
Bomba esteroscópica	180	35	34
Laser sônico	1 200	256	229
Microscópio óptico	330	65	63
Medidor de oxigênio de pulso	72	21	20
Medidor de stress	N/A	198	173
Sistema de ultra-som	1 800	1 063	1 050
Sucção a vácuo	621	337	302
Sistema de radiografia	968		82
	1 725	534	480
	2 070		18

Tabela C.10 — Valores típicos de dissipação de calor em equipamentos de laboratório (W)

Equipamento	Nominal	Máximo	Média
Balança analítica	7	7	7
Centrífuga	138	89	87
	288	136	132
	5 500	1 176	730
Analisador eletroquímico	50	45	44
	100	85	84
Fotômetro de chama	180	107	105
Microscópio fluorescente	150	144	143
	200	205	178
Gerador de função	58	29	29
Incubadora	515	461	451
	600	479	264
	3 125	1 335	1 222
Batedeira orbital	100	16	16
Osciloscópio	72	38	38
	345	99	97
Evaporador rotativo	75	74	73
	94	29	28
Espectrômetro	36	31	31
Espectrofotômetro	575	106	104
	200	122	121
	N/A	127	125
Espectrofluorômetro	340	405	395
Ciclo térmico	1 840	965	641
	N/A	233	198
Biocultura	475	132	46
	2 346	1 178	1 146

Fonte:
2005 ASHRAE Fundamentals *Handbook*, Capítulo 30, "*Nonresidential Cooling and Heating Load Calculations* ", Tabela 5.

Bibliografia

[1] ABNT NBR 15220-3:2005 – Desempenho térmico de edificações – Parte 3 – Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações uni familiares de interesse social.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – www.abnt.org.br

[2] ASHRAE Handbook Fundamentals 1997 - Cap. 28 – Non residential cooling and load calculations.

American Society of Heating, Refrigerating and Air conditioning Engineers Inc. – 1791 Tullie Circle, N.E. Atlanta GA 0329

[3] ASHRAE Handbook Fundamentals 2005 - Cap. 30 – Non residential cooling and load calculations.

American Society of Heating, Refrigerating and Air conditioning Engineers Inc. – 1791 Tullie Circle, N.E. Atlanta GA 30329

[4] ASHRAE Handbook Fundamentals 2005 - Cap. 27 – Ventilation and infiltration.

American Society of Heating, Refrigerating and Air conditioning Engineers Inc. – 1791 Tullie Circle, N.E. Atlanta GA 30329

[5] ASHRAE Handbook Fundamentals 2005 - Cap. 35 – Duct design

American Society of Heating, Refrigerating and Air conditioning Engineers Inc. – 1791 Tullie Circle, N.E. Atlanta GA 30329

[6] ASHRAE Handbook Fundamentals 2005 - Cap. 7 – Sound and vibration

American Society of Heating, Refrigerating and Air conditioning Engineers Inc. – 1791 Tullie Circle, N.E. Atlanta GA 30329

[7] ASHRAE Handbook Fundamentals 2005 - Cap. 36 – Piping design

American Society of Heating, Refrigerating and Air conditioning Engineers Inc. – 1791 Tullie Circle, N.E. Atlanta GA 30329

[8] ASHRAE Handbook Refrigeration 2006 - Cap. 2 – System practices for halocarbon refrigerants.

American Society of Heating, Refrigerating and Air conditioning Engineers Inc. – 1791 Tullie Circle, N.E. Atlanta GA 30329

[9] SMACNA 2003 – TAB procedural guide.

Sheet metal and air conditioning contractors´association Inc. – 4201 Lafayette center drive, Chantilly, VA 20151-1209